



**Daniel Schulter**

# **Betriebsstättenplanung mittels einer Produktionsprozess- und Materialflussanalyse**

Diplomarbeit  
Diplomingenieur

Studienrichtung:  
Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau

**Technische Universität Graz**  
Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

**Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung**  
o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz

Graz, Dezember 2009

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission zur Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Graz, 21. Dezember 2009

[Unterschrift]

## Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei der Firma RYachts – Yachtbau e.U. für die Möglichkeit zur Realisierung dieser interessanten Diplomarbeit bedanken. Mein besonderer Dank gilt dabei dem Geschäftsführer, Herrn Dipl.-Ing. Günter Riedl sowie seinen Mitarbeitern. Bedanken möchte ich mich ebenfalls noch für die sehr freundschaftliche Atmosphäre sowie die Hilfsbereitschaft und Unterstützung aller Beteiligten.

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz und den Mitarbeitern am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der Technischen Universität Graz für die wissenschaftliche Unterstützung.

Ebenfalls recht herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Wiss. Ass. Dipl.-Ing. Nikolaus Mitterer für die freundliche und engagierte Betreuung der Diplomarbeit.

Diese Arbeit möchte ich meinen Eltern Helene und Heinz Schulter sowie meinem Bruder Thomas widmen. Als Dank, dass sie mir diese Ausbildung ermöglichten und für ihr unerschütterliches Vertrauen sowie die herzliche Unterstützung.

## Kurzfassung

Die Firma RYachts – Yachtbau e.U. wurde Anfang 2008 von Herrn Dipl.-Ing. Günter Riedl gegründet und fertigt mit neuartigen Bauverfahren Holzsegelyachten. Ab Anfang 2010 sollen die Yachten im Raum Graz in Kleinserie hergestellt werden.

Mit der Entstehung des ersten Prototypen Mitte 2009 beginnt gleichzeitig die Ausarbeitung dieser Diplomarbeit. Die Aufgabe ist den Herstellungsprozess zu begleiten, zu dokumentieren sowie anschließend aus den Erkenntnissen eine Produktionsablaufplanung sowie eine Materialflussplanung abzuleiten. Von besonderem Interesse sind die Fertigungsschritte und -zeiten, die sich durch das neuartige, patentierte Herstellungsverfahren von Rumpf und Deck ergeben. Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Auswahl einer geeigneten Betriebsstätte sowie eine anschließende Feinlayoutplanung für die geplante Kleinserie.

Die Arbeit umfasst mehrere Zielsetzungen:

- Analyse des Prototypenbaus
- Produktionsprozessplanung inklusive Ablaufplanung sowie Hilfsmaterial- und Betriebsstoffplanung
- Materialflussplanung mit Erstellung eines idealen Layouts
- Betriebsstättenplanung mit Standortauswahl anhand einer Nutzwertanalyse sowie anschließender Feinlayoutplanung

Zu Beginn der Arbeit ist das vorrangige Ziel die Begleitung und Dokumentation des Prototypenbaus. Aufgrund der Neuartigkeit des Herstellungsverfahrens, ist diese Phase durch zahlreiche Beobachtungen und Befragungen gekennzeichnet. Nach erfolgreicher Analyse wird eine Produktionsplanung für die kommende Kleinserie sowie eine Materialflussplanung erarbeitet. Als Ergebnis dieser Planung entsteht ein ideales Layoutkonzept. In weiterer Folge werden in der Betriebsstättenplanung der notwendige Flächenbedarf sowie vorgegebene, gesetzliche Auflagen erarbeitet. Nach Kenntnis aller für die Betriebsstätte relevanten Rahmenbedingungen erfolgt unter Zuhilfenahme einer Nutzwertanalyse die Auswahl der geeigneten Betriebsstätte. Abschließend wird mit den Ergebnissen aus Produktions- und Materialflussplanung eine Feinlayoutplanung abgeleitet.

## Abstract

The company RYachts – Yachtbau e.U. was founded in the beginning of the year 2008 by Mr. Dipl.-Ing. Günter Riedl and produces wood sailing yachts with new manufacturing techniques. From the beginning of 2010 the low volume production should start in the area of Graz.

The manufacturing process of the first prototype starts simultaneously with the beginning of this diploma thesis. The first task is to accompany and document this process. Establishing to these findings a manufacturing operation scheduling and also a material flow planning will be created. Ongoing to these achievements, an appropriate production plant will be selected. A detailed layout planning for the planned low volume production is the closure of this diploma thesis and is implemented finally.

### Aims:

- Analysis of the prototype manufacturing process
- Creating a production process planning, including an auxiliary material and working material planning
- Material flow planning with a rough, ideal layout planning
- Choosing a production plant by a value benefit analysis and a detailed layout planning will be created for this plant

The first aim is to accompany and to document the prototype manufacturing process. This period is supported by a lot of observations and interviews due to missing operational documentations. A production process planning and a material flow analysis and planning are realized in the next step. In this planning period an ideal layout will be created. In the last chapter production plant planning, the demanded production area is determined and a value benefit analysis is executed. After that, the previously rough ideal layout is transformed to the chosen production plant. The end of this work consists of a detailed layout planning with all elaborated cognitions.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Die Unternehmung RYachts - Yachtbau e.U. ....	1
1.2	Ausgangssituation .....	2
1.3	Aufgabenstellungen und Zielsetzungen.....	3
1.4	Vorgehensweise .....	5
1.5	Fachbegriffserklärungen aus dem Holzbootsbau .....	7
<b>2</b>	<b>Produktionsprozessanalyse und –planung .....</b>	<b>11</b>
2.1	Vorbereitung der Analyse und Planung .....	11
2.2	Produktionsprozessanalyse Prototypenbau .....	18
2.2.1	Darstellung der Teilprozesse der Produktion .....	19
2.2.2	Gliederung und Ablauf der Produktion .....	26
2.2.3	Grafische Darstellung mittels Prozessketten.....	27
2.3	Produktionsablaufplanung Kleinserie .....	39
2.3.1	Ablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz.....	39
2.3.2	Ablaufplanung mit maximalem Personaleinsatz.....	42
2.4	Kalkulationsrechnung CNC – Bearbeitungszentrum .....	45
2.5	Hilfsmaterial- und Betriebsstoffplanung .....	50
2.5.1	Auflistung der einzelnen Produktionsschritte .....	50
2.5.2	Berechnung für eine Yacht .....	53
<b>3</b>	<b>Materialflussanalyse und –planung .....</b>	<b>55</b>
3.1	Vorbereitung der Analyse und Planung .....	55
3.1.1	Theorie zum Logistikmanagement .....	55
3.1.2	Zielsetzung der Materialflussanalyse .....	56
3.1.3	Vorgangsweise bei einer Materialflussanalyse .....	57
3.2	Datenermittlung .....	60
3.2.1	Ist-Zustandsanalyse Prototypenbau.....	60
3.2.2	Gliederung der Materialien (Materialgruppen) .....	61
3.2.3	Schrittweise Darstellung der Materialflüsse .....	62

---

3.3	Materialflussplanung.....	68
3.3.1	Zielsetzung und Vorgehensweise .....	68
3.3.2	Entwickeln eines IDEAL-Groblayouts .....	69
3.3.3	Darstellung des IDEAL-Groblayouts .....	74
3.4	Förderplanung .....	76
3.5	Lagerplanung .....	78
<b>4</b>	<b>Betriebsstättenplanung .....</b>	<b>82</b>
4.1	Vorbereitung der Planung.....	82
4.1.1	Begriffe und Zielsetzung .....	82
4.1.2	Planungsphasen .....	84
4.1.3	Planungskategorien und Prinzipien.....	86
4.2	Allgemeine Umweltbestimmungen .....	88
4.3	Detaillierte gesetzliche Auflagen für die Betriebsstätte.....	91
4.3.1	Gefährliche Betriebsstoffe.....	91
4.3.2	Lackieranlagenverordnung (VOC-Anlagenverordnung) .....	93
4.3.3	Absauganlagen und Lärmbestimmungen für Maschinen .....	94
4.3.4	Prüfungen für die eingesetzten Arbeitsmittel .....	94
4.3.5	Umlegung der Vorschriften auf die geplante Betriebsstätte .....	95
4.4	Betriebsmittelplanung .....	98
4.5	Flächenbedarfsermittlung .....	102
4.6	Standortauswahl für die Betriebsstätte .....	107
4.6.1	Generelles zur Nutzwertanalyse .....	107
4.6.2	Mögliche Produktionsstätten .....	108
4.6.3	Formulierung und Gewichtung der Bewertungskriterien .....	111
4.6.4	Bewertung der einzelnen Produktionsstätten.....	117
4.6.5	Ergebnis der Nutzwertanalyse .....	122
4.7	Reale Groblayoutplanung .....	123
4.8	Feinlayoutplanung .....	130
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>132</b>

---

<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>134</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>137</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>139</b>
<b>9</b>	<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>139</b>

**Anhang 1:** Arbeitsablaufpläne des Prototypenbaus

**Anhang 2:** Produktionsplanung mit minimalem und maximalem Personaleinsatz

**Anhang 3:** Investitionsrechnungen für ein CNC-Bearbeitungszentrum

**Anhang 4:** Materialflussbewegungen für die Teilbereiche der Produktion

**Anhang 5:** Flächenbedarfsermittlung für die Teilbereiche der Produktion

**Anhang 6:** Nutzwertanalyse zur Auswahl eines geeigneten Standortes

**Anhang 7:** Feinlayoutplanung in Teilsystemen und Aspekten



# 1 Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wird aus der Analyse des Prototypenbaus ein mögliches Konzept einer künftigen Betriebsstätte für die geplante Kleinserienproduktion der Jungunternehmung RYachts - Yachtbau e.U. erarbeitet. Zu Beginn erfolgt eine kurze Vorstellung der Unternehmung, in weiterer Folge werden die ermittelten Aufgabenstellungen und Zielsetzungen sowie die Vorgehensweise bei der Erstellung dieser Diplomarbeit angeführt.

## 1.1 Die Unternehmung RYachts - Yachtbau e.U.

Die Jungunternehmung RYachts, welche Anfang 2008 gegründet wurde, fertigt als ersten Modelltyp die sportliche Cruisingyacht RY29 mit einer Länge von circa 9 m und einer Breite von 2,5 m aus Mahagoniholz. Bei der Herstellung kommt ein patentiertes Bauverfahren zum Einsatz, bei dem unter Anwendung von Vakuum und Magnetkraft Furniere in einer Negativform zu einem formverleimten Rumpf zusammengefügt werden. Durch das neue Verfahren kann der Rumpf in wesentlich kürzerer Zeit als bei bisher bekannten Verfahren fertiggestellt werden. Daraus ergibt sich eine deutliche Einsparung an Arbeitszeit, was zu einem erheblichen Preisvorteil am Markt resultiert. Die formverleimte Rumpfkonstruktion in Längsspannbauweise führt zu einem selbsttragenden und leichten Rumpf.<sup>1</sup>

### Zukunftsperspektiven

Derzeit befindet man sich gerade auf der Suche nach einer geeigneten Betriebsstätte in der Anfang 2010 die Kleinserienproduktion des Modells RY29 anlaufen soll. Geplant ist im ersten Produktionsjahr eine Stückzahl von sieben bis zehn Yachten. In den darauffolgenden Jahren soll eine Produktionssteigerung erreicht, sowie eventuell auch weitere Modelle entworfen und produziert, werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. RIEDL, Zugriffsdatum 21.10.2009



Abbildung 1-1: Ansichten der RY29<sup>2</sup>

In Abbildung 1-1 finden sich zwei Ansichten des Modells RY29. Bei der Konstruktion wurde besonders Wert auf Sportlichkeit und Agilität gelegt. Die Yacht weist somit eine schlanke und elegante Erscheinung auf und unterscheidet sich aufgrund dessen maßgeblich von Mitbewerbern. Die RY29 ist ebenso mit einem großzügigen Cockpit und einer vernünftig bewohnbaren Kajüte ausgestattet, sodass trotz Sportlichkeit auf Komfort nicht verzichtet werden muss.

## 1.2 Ausgangssituation

Das Ziel der Jungunternehmung RYachts ist die Herstellung einer neuen Art von Holzsegelyachten. Dies erfolgt durch neuartige, patentierte Herstellungsverfahren mit denen bedeutende Zeit- sowie Kosteneinsparungen möglich sind. Im Vorfeld dieser Diplomarbeit wurden zahlreiche Versuche mit diesen Verfahren durchgeführt sowie die für die Produktion notwendigen Negativformen hergestellt. Zu Beginn dieser Arbeit startete zeitgleich die Produktion des ersten Prototypen bei einem Partner im

<sup>2</sup> RIEDL, Zugriffsdatum 28.07.2009

oberösterreichischen Kirchham. Den Einstieg in die Arbeit bildet eine ausführliche Recherche des Holzyachtenbaus um ein notwendiges Verständnis für die kommende Produktionsprozessanalyse des Prototypenbaus zu erlangen.

Aufgrund der Neuartigkeit der angewendeten Produktionsprozesse ist für Herrn DI Riedl die Begleitung und Dokumentation dieser Phase mit der Aufzeichnung aller zugehörigen Informationen von großer Bedeutung. Des Weiteren ist zu den Produktionsprozessen ebenfalls die damit verbundene Materialwirtschaft zu dokumentieren. Die Materialflussanalyse wird unterstützt durch bereits vorhandene betriebliche Aufzeichnungen in Form von Stücklisten und Konstruktionsplänen.

Im Vorfeld der Diplomarbeit hat eine Zielvereinbarung zwischen Herrn DI Riedl und dem Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der Technischen Universität Graz stattgefunden.

Die festgelegten Aufgabenstellungen und Zielsetzungen der Arbeit werden nun im Kapitel 1.3 erläutert.

### **1.3 Aufgabenstellungen und Zielsetzungen**

Die Unternehmung fertigt zurzeit einen ersten Prototyp. Die Aufgabe besteht nun darin eine Produktionsprozessanalyse mit anschließender Materialflussanalyse des Prototypenbaus durchzuführen. Damit soll als Ergebnis der Arbeit eine möglichst termingerechte und kostengünstige Kleinserienproduktion in einer bereits vorhandenen, angemieteten Betriebsstätte ermöglicht werden.

Die Ziele der Diplomarbeit sind:

1. Ermittlung der Produktionsprozess- und der Materialflussanalyse des Prototypenbaus
2. Erarbeitung und Darstellung einer Produktions- und Materialflussplanung für die geplante Kleinserie
3. Ableiten einer Betriebsstättenplanung zur Umsetzung des geplanten Produktions-programmes

Aus den oben genannten Zielen ergeben sich folglich mehrere Untersuchungsbereiche. Als erster Bereich sei die Produktionsablaufplanung mit der Ermittlung des notwendigen Personals, sowie daraus resultierenden Durchlaufzeiten für die einzelnen Teilbereiche der Produktion genannt. Aufbauend auf die Ablaufplanung werden dafür notwendige Betriebsmittel, Hilfsmaterial und Betriebsstoffe ermittelt. In der Materialflussplanung werden die Lager- sowie Fördermittelwirtschaft dokumentiert. Im Kapitel Betriebsstättenplanung erfolgt nach Auswahl einer geeigneten Betriebsstätte durch eine Nutzwertanalyse eine Grob- und Feinlayoutplanung dieser, mit den dafür notwendigen Umweltbestimmungen und gesetzliche Auflagen sowie ermittelten Flächenbedarf.

Die vorliegende Diplomarbeit soll somit notwendige Rahmenbedingungen und ein mögliches Konzept für die Umsetzung des geplanten Produktionsprogrammes in einer angemieteten Betriebsstätte vorstellen und bei der Umsetzung dieser, wichtige Anhaltspunkte und Aspekte einbringen.

Die Vorgehensweise zur Erreichung dieser Zielsetzungen wird im Kapitel 1.4 vorgestellt.

## 1.4 Vorgehensweise

Die folgende Abbildung 1-2 zeigt die gewählte Vorgehensweise zur Erfüllung der zuvor genannten Ziele.

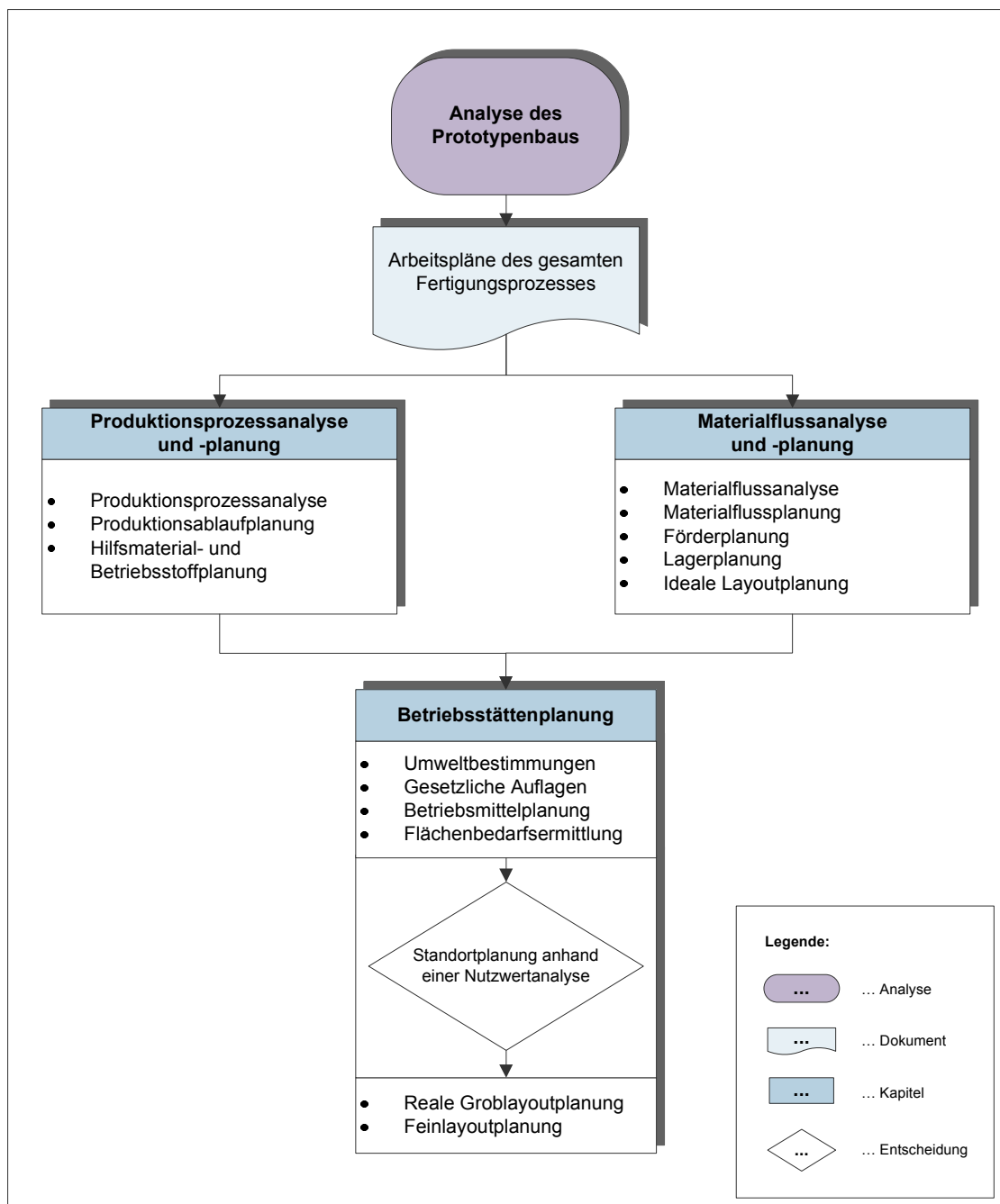


Abbildung 1-2: Vorgehensweise in der Diplomarbeit

Den Beginn der Arbeit stellt eine IST-Analyse des Prototypenbaus dar. Dabei soll auf die

- einzelnen Prozessschritte des gesamten Prototypenbaus,
- die dafür jeweils benötigte Zeiten der einzelnen Prozessschritte,
- den pro Prozessschritt notwendigen Mitarbeiterereinsatz,
- sowie dafür benötigtes Werkzeug und Maschinen,
- und weitere relevante Daten wie eventuell benötigter Flächenbedarf, etc.,

eingegangen werden.

Für die Arbeit ergibt sich somit aus den geforderten Zielen und der gewählten Vorgehensweise folgende Gliederung:

1. Produktionsprozessanalyse und –planung
2. Materialflussanalyse und –planung
3. Betriebsstättenplanung

Die Ergebnisse der IST-Analyse sind detaillierte Arbeitspläne, welche alle erforderlichen Daten und Informationen für die anschließende Produktionsplanung und Materialflussplanung beinhalten.

In der Produktionsplanung werden benötigte Durchlaufzeiten sowie die notwendigen Mitarbeiterressourcen für die geplante Kleinserienproduktion des Modells RY29 erarbeitet. Die Materialflussplanung liefert neben einem Lagerwirtschaftskonzept und einer Fördermittelplanung auch ein ideales Groblayout mit optimierten Materialflüssen für die Betriebsstätte.

Aus den Erkenntnissen der Produktions- und Materialflussplanung erfolgt anschließend eine Betriebsstättenplanung. In der Betriebsstättenplanung werden Umweltbestimmungen und gesetzliche Auflagen sowie der benötigte Flächenbedarf dokumentiert und errechnet.

Aufbauend auf diese Erhebungen wird im zweiten Schritt mittels einer Nutzwertanalyse eine Standortwahl durchgeführt. Anschließend erfolgt eine Feinlayoutplanung, bei der die optimalen Vorstellungen der Idealplanung mit den

realen Möglichkeiten der bereits vorhandenen Betriebsstätte und den gesetzlichen Bestimmungen in Einklang gebracht werden.

Eine Zusammenfassung sowie ein kurzer Ausblick bilden den Abschluss der Arbeit.

## **1.5 Fachbegriffserklärungen aus dem Holzbootsbau**

Um das Verständnis für den Yachtbau sowie die Lesbarkeit dieser Diplomarbeit zu erhöhen, werden vorweg, einige immer wiederkehrende Begriffe aus dem Holzbootsbau erklärt.<sup>3</sup>

### Lamellieren

Lamellieren bezeichnet ein Herstellverfahren von Bauelementen indem man mehrere dünne Holzlagen miteinander verleimt und somit das fertige Bauteil erhält. Auf diese Weise entstehen Bauteile, die genau die gewünschte Form und Kontur haben. Des Weiteren entstehen dadurch einige positive Nebeneffekte, die andere Fertigungsverfahren nicht aufweisen, wie hohe Festigkeit, weit geringere Spannungen und weniger Holzverbrauch.

### Schäften

Unter Schäften versteht man das Verkleben zweier Bauelemente mit Epoxidharz. Das Ziel ist die Herstellung Bauteile mit langen Abmessungen und geringen Spannungen, wie beispielweise Leisten. Um einen möglichst stabilen Übergang zu schaffen, werden die Leisten an den Enden abgeschrägt und anschließend verbunden.

### Tempern

Tempern ist ein thermischer Bearbeitungsschritt mit dem Ziel die Festigkeit und Qualität von Fertigteilen zu erhöhen. Erreicht wird dies durch Wärmeeinbringung von 40 - 80 °C über einen Zeitraum von einigen Stunden. Dadurch werden die mechanischen Eigenschaften der Fertigteile dauerhaft verbessert.

---

<sup>3</sup> Vgl. GOUGEON (1986), S. 30ff

Nachfolgend werden in Abbildung 1-3 weitere wichtige Bauteile einer Holzsegelyacht, welche in dieser Arbeit immer wieder vorkommen, gezeigt und erklärt.

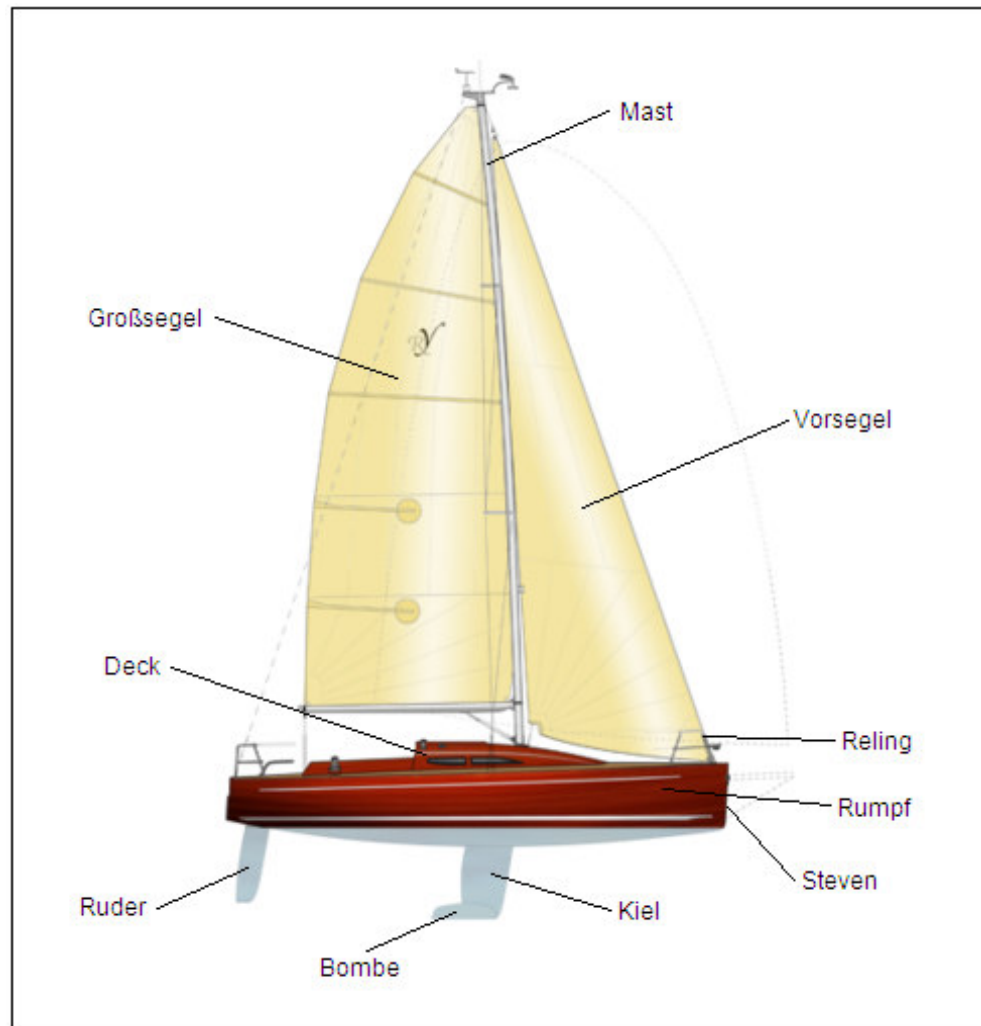


Abbildung 1-3: Bauteile eines Holzbootes<sup>4</sup>

### Rumpf und Deck

Als Boots- bzw. Schiffsrumpf bezeichnet man den Teil eines Bootes oder Schiffes, der ihm die Schwimmfähigkeit verleiht. Als Deck bezeichnet im Sinn von „Abdeckung“ den oberen horizontalen Abschluss des Schiffsrumpfs.

<sup>4</sup> Vgl. RIEDL, Zugriffsdatum 04.11.2009



### Kiel mit angebaute Bombe

Der Kiel ist der wichtigste, mittig im Boden angebrachte Längsverband eines Schiffes bzw. Bootes. Der Kiel besteht aus einem Innenkiel, der für die Längssteifigkeit verantwortlich ist. Des Weiteren besteht der Kiel bei Segelbooten noch aus einer Kielflosse mit Bombe. Diese hat den Zweck, Ballast nach unten zu bringen um dadurch eine möglichst stabile Lage zu gewährleisten. Die Bombe besteht aus einem Schwermetall (z.B.: Blei) und wiegt eine hundert Kilogramm.

### Steven

Die Steven sind Bestandteile des „Gerüsts“ des Schiffsrumpfes. Sie stellen die vordere und gegebenenfalls hintere, nach oben gezogene Verlängerung des Kiels eines Schiffes dar.

### Reling

In der Schifffahrt bezeichnet die Reling ein Geländer, um ein frei liegendes Deck oder um Decksöffnungen. Es werden offene, feste, abnehmbare und klappbare Geländer unterschieden. Die feste Reling besteht aus Stützen und Leisten. Den oberen Abschluss bildet eine Griffstange aus Holz oder Metall.

### Rigg

Unter Rigg versteht man alle Teile die das Großsegel und Vorsegel halten und aufspannen, wie Mast und Baum sowie alle Rollen, Püttinge.

### Pütting

Unter Pütting versteht man auf Segelschiffen einen Beschlag, an dem die Segel befestigt sind. Püttinge leiten die Zugkraft der Segel an den Rumpf der Yacht weiter.

### Ruder

Das Ruder dient zum Steuern und Manövrieren der Yacht.

Abbildung 1-4 zeigt wichtige Elemente eines Schiffsrumpfes.

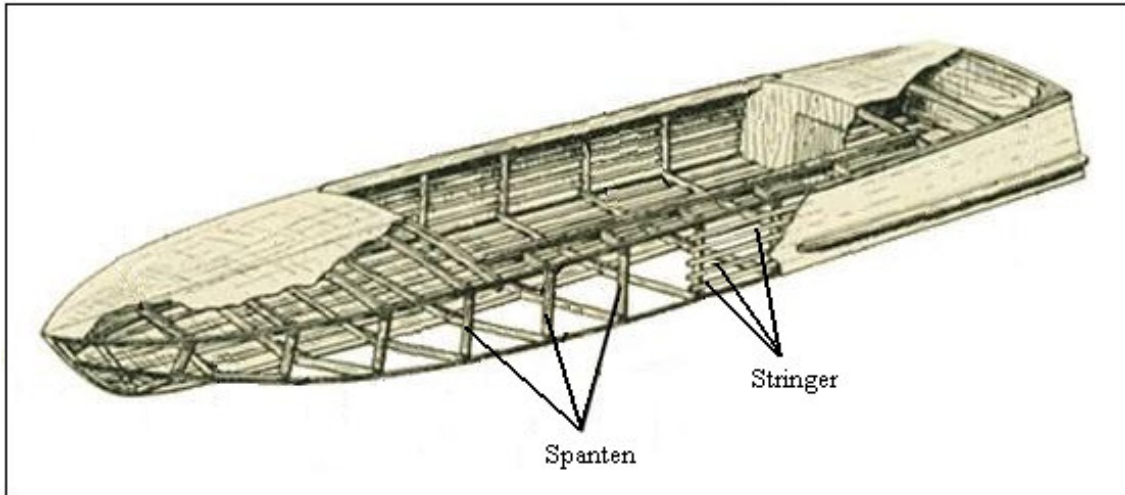


Abbildung 1-4: Versteifungen eines Schiffsrumpfes<sup>5</sup>

### Spant(en)

Der Spant bezeichnet ein tragendes Bauteil zur Verstärkung des Rumpfes bei Booten und Schiffen. Die Spanten sind zugleich Träger der Beplankung. Durch diese Spantenbauweise wird gegenüber einer massiven Bauweise erheblich Gewicht eingespart. Die bei der Konstruktion eines Schiffes verwendeten Konstruktionsspanten sind Bestandteil des gezeichneten Linienrisses.

### Stringer

Stringer sind ähnlich wie Spanten, Versteifungen des Rumpfes. Im Gegensatz zu Spanten die Querversteifungen darstellen handelt es sich bei Stringer um Längsversteifungen. Spanten und Stringer gewährleisten die Steifigkeit eines Schiffsrumpfes.

<sup>5</sup> Vgl. RACKMANN, Zugriffsdatum 30.11.2009

## 2 Produktionsprozessanalyse und –planung

In diesem Kapitel wird als Einstieg kurz die Theorie zum Prozessmanagement erläutert. Anschließend erfolgt die Analyse des Prototypenbaus, die Erstellung von detaillierten Arbeitsablaufplänen sowie abschließend eine Produktionsablaufplanung für die geplante Kleinserie.

### 2.1 Vorbereitung der Analyse und Planung

Bevor mit der Analyse des Prototypenbaus begonnen werden kann, muss zuerst die Vorgehensweise zur Lösungsfindung festgelegt werden. Diese inkludiert die Beschaffung der notwendigen Informationen, die Prozessdefinition sowie die Prozesssegmentierung.

Des Weiteren wird die Theorie zur Produktionsplanung erläutert und aufbauend auf diese Erkenntnisse erfolgt als Abschluss dieses Kapitels eine Produktionsplanung für die geplante Kleinserienproduktion der Yacht RY29.

#### Informationsquellen<sup>6</sup>

Bei umfassenden Produktionsprozessen muss vorab eine sorgfältige Auswahl und Bewertung von Informationsquellen getroffen werden. Allgemein können Informationen von

- betriebsinternen oder
- betriebsexternen

Quellen gewonnen werden.

Durch Primärforschung werden die Daten anhand von

- Befragungen/Interviews,
- Beobachtungen,
- Fragebögen, etc.

ermittelt und weiterverarbeitet.

---

<sup>6</sup> SCHANTIN (2004), S. 34

Durch Sekundärforschung werden die Daten anhand von

- vorhandenen Daten aus EDV,
- Statistiken,
- Kostenrechnungen,
- Fachliteratur/Diplomarbeiten, etc.

ermittelt und weiterverarbeitet.

In dieser Arbeit werden sowohl interne als auch externe Quellen zur Informationsforschung verwendet, wobei der überwiegende Teil der Primärforschung zuzuschreiben ist. Für das Produkt gibt es, zum jetzigen Zeitpunkt der Prototypenbauphase, noch keinerlei Fertigungsdaten, Statistiken oder Ähnliches. Aus diesem Grund müssen hier verstärkt Interviews und Beobachtungen durchgeführt werden. Der Teil der für die Sekundärforschung aufgewendet wird, widmet sich daher nahezu gänzlich der Fachliteraturrecherche.

Bei der Fertigung des Prototypenbaus handelt es sich um einen sehr komplexen Fertigungsablauf. Um diesem möglichst einfach analysieren zu können, wird dieser eingeteilt und gegliedert in Produktionsprozesse. Diese unterscheiden sich wiederum in Haupt- sowie Nebenprozesse die in mehreren Ebenen segmentiert werden können.

Als Einstieg werden die Begriffe „Prozess“ sowie „Prozessesegmentierung“ definiert und erläutert.

### **Prozessdefinition**

Die Definitionen von Produktions- oder Geschäftsprozessen sind in der Literatur sehr ähnlich aufgezeichnet und unterscheiden sich nur in kleinen Aspekten. Eine gute und aussagekräftige Definition folgt:

Ein Prozess ist eine sachlogische Abfolge von betrieblichen Tätigkeiten bzw. Aktivitäten mit dem Ziel eines klar festgelegten Outputs zur Erzeugung von Kundennutzen. Er besitzt einen bestimmten Leistungsumfang, ist durch einen definierten, messbaren Input und Output bestimmt, ist wiederholbar, fügt Kundenwert

an Prozessobjekten hinzu, kann funktionsübergreifend sein, hat einen durchgängig verantwortlichen Prozess-Eigner und verfügt über alle notwendigen Ressourcen und Informationen.<sup>7</sup>

Abbildung 2-1 zeigt die grafische Interpretation der Prozessdefinition laut SCHANTIN.

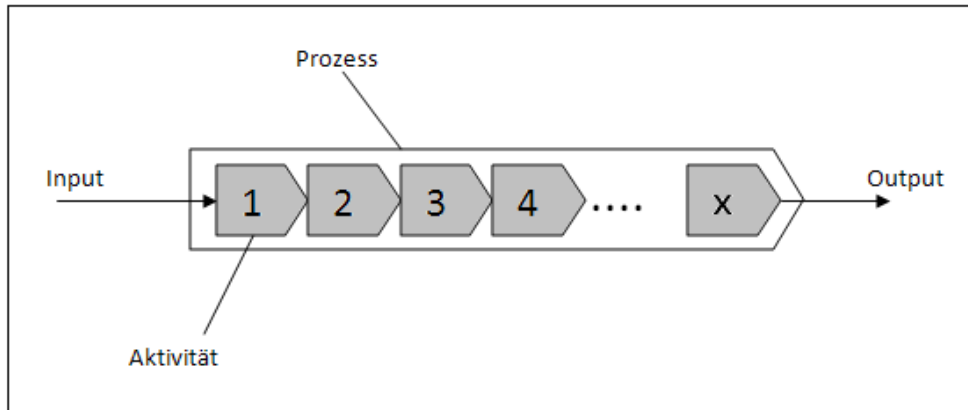


Abbildung 2-1: Prozessinput und -output<sup>8</sup>

Eine weitere treffende Definition:

Ein Prozess ist eine Serie von Handlungen, Tätigkeiten oder Verrichtungen mit einer messbaren Eingabe (Input), einer messbaren Verarbeitung und einer messbaren Ausgabe (Output) in einer sich wiederholenden Folge.<sup>9</sup>

Die nun definierten Prozesse müssen aufgrund der Komplexität noch gegliedert werden. Dies erfolgt mithilfe einer Prozesssegmentierung die zugleich erläutert wird.

### **Prozessesegmentierung**

In einem Fertigungsprozess sind sämtliche zur Erstellung der Leistung notwendigen Aktivitäten enthalten. Aufgrund dieser Zusammenführung besteht die Gefahr, dass Prozesse aufgrund vieler verschiedener Aktivitäten mit unterschiedlichen Anforderungen an Sachmittel und Leistungsträger eine hohe Komplexität aufweisen.

<sup>7</sup> SCHANTIN (2004), S. 43

<sup>8</sup> Vgl. SCHANTIN (2004), S. 44

<sup>9</sup> PFITZINGER (2003), S.9

Der nächste Schritt in der Modellierung, ist daher eine Reduktion der Komplexität zur Erzeugung einfacherer Strukturen. Dies wird erreicht durch das Instrument der Prozesssegmentierung.

Die Prozesssegmentierung erlaubt es, einen eigentlich homogenen, sehr komplexen Prozessablauf, in kleinere Teilprozesse zu zerlegen. Diese Teilprozesse sind dadurch viel einfacher nachzuvollziehen und überschaubarer.<sup>10</sup>

Nachdem die Informationsquellen gefunden, Prozesse definiert und segmentiert sind, wird zuletzt der Analysebereich des Prototypenbaus fixiert.

### **Analysebereich**

Die Produktionsprozessanalyse bezieht sich auf den gesamten Prototypenbau. Es wird ebenso auf notwendige Vorarbeiten, wie beispielsweise die Herstellung der Negativformen eingegangen. Bis auf die Materialanlieferung und Einlagerung wird jeder Bereich, von der Materialvorbereitung über die Zwischenlagerung bis zum Verbau analysiert. Anhand dieser Erkenntnisse wird anschließend eine Produktionsplanung durchgeführt.

Der Prototypenbau setzt sich aus folgenden Teilbereichen zusammen:

- Vorarbeiten wie Lamellierversuche mit unterschiedlichen Epoxidharzmischungen, Aushärtezeitenvergleiche, usw.
- Decksbau
- Rumpfbau
- Zusammenbau und Lackierung
- Endmontage

Die Analyse des Prototypenbaus richtet sich nach obiger Aufzählung und wird vollständig begleitet und dokumentiert.

Das Ergebnis der Analyse sind detaillierte Arbeitspläne die in verschiedenen Darstellungstiefen beschrieben und grafisch dargestellt werden.

---

<sup>10</sup> Vgl. SCHANTIN (2004), S. 119ff.

Anhand dieser Aufzeichnungen erfolgt als Abschluss dieses Kapitels eine Produktionsplanung in dem der Prototypenbau in eine möglichst kostengünstige, produktive und termingerechte Kleinserienproduktion des Modells RY29 überführt wird.

Im nächsten Schritt werden die Teilaufgaben einer Produktionsplanung erklärt und es wird festgehalten, welche dieser Teilbereiche bereits ausgearbeitet sind.

### Teilaufgaben in der Produktionsplanung

Die Produktionsplanung lässt sich folgendermaßen gliedern und darstellen:

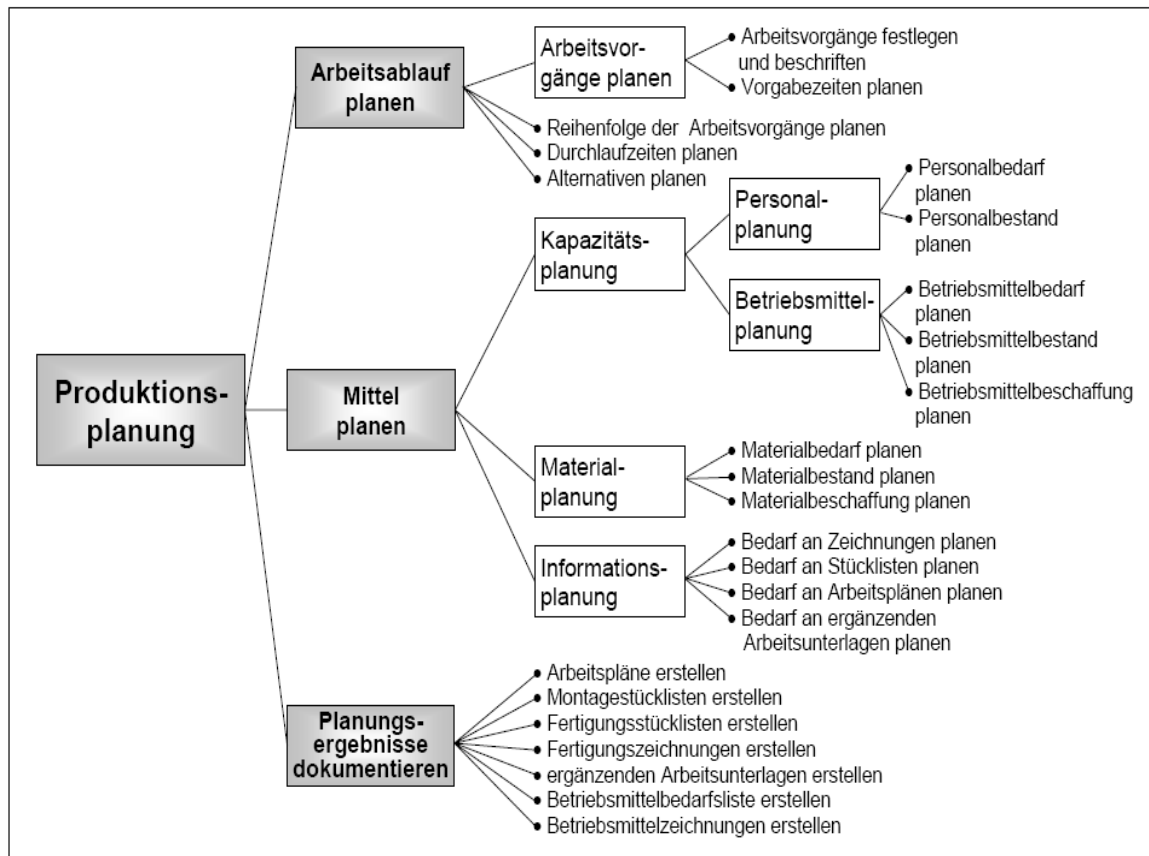


Abbildung 2-2: Teilaufgaben in der Produktionsplanung<sup>11</sup>

<sup>11</sup> REFA (1985), Teil 1, S. 18

Das Ziel der Produktionsplanung ist es, vor allem niedrige Herstellkosten je Mengeneinheit durch

- Festlegen der Arbeitsvorgänge und ihrer Reihenfolge (**Produktionsablaufplanung**),
- Bereitstellung der zur Durchführung der Arbeitsaufgaben benötigten Mitarbeiter in der erforderlichen Qualifikation und Anzahl (**Personalplanung**),
- Auswahl geeigneter Arbeitsverfahren und –methoden sowie geeigneter Betriebsmittel (**Betriebsmittelplanung**),
- Auswahl günstiger Materialien hinsichtlich Ausgangsform und Qualität (**Materialplanung**),
- Erstellung vollständiger und verständlicher Fertigungsunterlagen (**Informationsplanung**)

zu ermöglichen.<sup>12</sup>

Die zentralen Informationsträger und Ergebnisse der Produktionsprozessanalyse sind die detaillierten Arbeitspläne die für die Produktionsplanung von großer Bedeutung und das Werkzeug für die Produktionsablaufplanung sind.

### Produktionsablaufplanung

Die Ablaufplanung besteht im Festlegen der Teilaufgaben und der Aufeinanderfolge von Produktionsabschnitten, die für eine zielgerichtete Aufgabendurchführung erforderlich sind.<sup>13</sup> Das Hauptaugenmerk liegt hier auf einem möglichst kostengünstigen und termingerechten Zusammenspiel zwischen Mitarbeitern und Arbeitssystemen.

Für die Kleinserienproduktion werden die ermittelten Prozessschritte des Prototypenbaus zuvor nochmals überarbeitet um eventuelle Verbesserungen oder festgestellte Erkenntnisse berücksichtigen zu können.

Nach dieser Überarbeitung werden in der Produktionsablaufplanung die Prozessschritte so angeordnet, dass sich eine optimale Kleinserienproduktion mit möglichst wenigen Verzögerungszeiten sowie kurzer Durchlaufzeit entsteht.

---

<sup>12</sup> WOHINZ (2006/07), S. 7-11

<sup>13</sup> Vgl. REFA (1991), Teil 1, S. 36



### Personalplanung

Durch die Personalplanung soll sichergestellt werden, dass eine ausreichende Anzahl von Arbeitskräften für die Erledigung eines zu erwartenden Arbeitsangebotes innerhalb eines gegebenen Zeitraumes bereitsteht.<sup>14</sup> Die Ermittlung des Personalbedarfs hängt vom geplanten Produktionsprogramm der kommenden Betriebsperiode ab. Dieses ist zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch nicht abschätzbar und aufgrund dessen wurde die Produktionsablaufplanung zweimal durchgeführt. Einmal wird die Durchlaufzeit mit minimalem Personaleinsatz und in der zweiten Planung mit maximalem Personaleinsatz durchgeführt.

### Betriebsmittelplanung

Die Betriebsmittelplanung befasst sich mit Anzahl, Zeitpunkt und Dauer der einzusetzenden Betriebsmittel. Ebenfalls berücksichtigt wird das Leistungsvermögen, das heißt die richtige technische Auslegung beziehungsweise die technische Kapazität der einzelnen eingesetzten Betriebsmittel.<sup>15</sup>

### Materialplanung und Informationsplanung

In der Materialplanung erfolgt die Auswahl geeigneter Materialien für das geplante Produktionsprogramm. Dies ist in dieser Arbeit jedoch nicht gefordert. Es soll lediglich der Hilfsmaterial- und Betriebsstoffverbrauch, welcher wertmäßig von sehr geringer Bedeutung ist, untersucht und dokumentiert werden.

Die Informationsplanung beschäftigt sich mit der Erstellung von Fertigungsunterlagen.

---

<sup>14</sup> WOHINZ (2006/07), S. 7-17

<sup>15</sup> Vgl. REFA (1991), Teil 2, S. 343

## 2.2 Produktionsprozessanalyse Prototypenbau

Die Ergebnisse der Produktionsprozessanalyse werden durch Prozesssegmentierung in drei Schritten dargestellt. Im ersten Schritt wird eine Gliederung des Produktionsablaufes in mehrere Teilschritte vorgenommen.

Vorab wird in Abbildung 2-3 eine Erklärung der gezeichneten Symbole geliefert.



Abbildung 2-3: Legende zur Prozesssegmentierung

Die einzelnen Hauptproduktionsschritte ergeben sich aus:

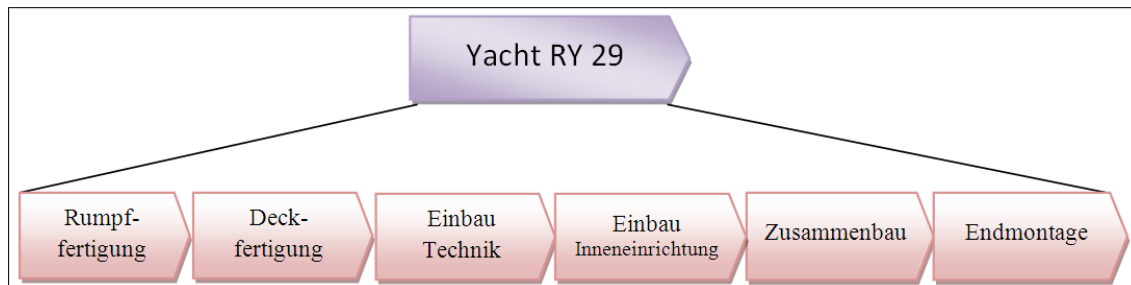


Abbildung 2-4: Hauptprozesse der Produktion

In Abbildung 2-4 wird die gesamte Yacht RY29 in die sechs dargestellten Hauptprozessschritte segmentiert. Der Herstellungsprozess beginnt mit der Fertigung von Rumpf und Deck, anschließend erfolgt der teilweise Einbau von Technik und Inneneinrichtung, danach der Zusammenbau von Rumpf und Deck sowie abschließend die Endmontage in dem alle Aufbauten sowie Technik und Inneneinrichtung fertig montiert werden.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Hauptproduktionsschritte eine Ebene weiterentwickelt und die wichtigen Teilproduktionsschritte dargestellt. Der dritte und letzte Schritt ist die Erarbeitung von detaillierten Arbeitsplänen des gesamten Fertigungsprozesses.

### 2.2.1 Darstellung der Teilprozesse der Produktion

Die folgende Darstellung liefert einen guten Einblick in den Ablauf des Fertigungsprozesses der entstehenden Yacht RY29. Diese wurden im Vorfeld der Prototypenanalyse durchgeführt um ein generelles Verständnis für die Fertigung der Yacht RY29 zu erhalten.

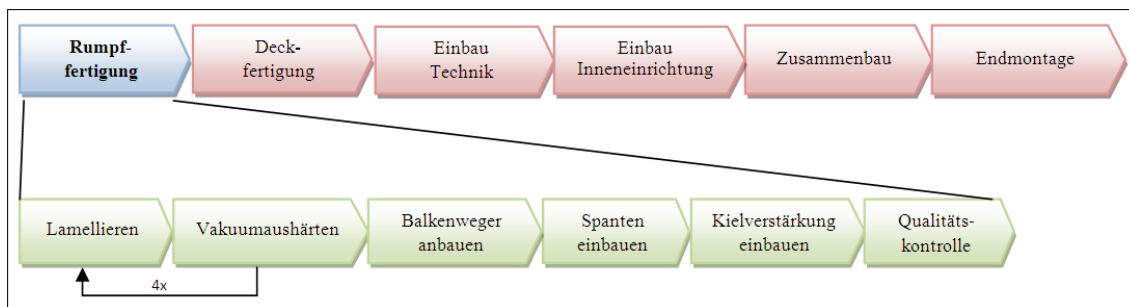


Abbildung 2-5: Teilprozessschritt Rumpffertigung

In Abbildung 2-5 wird der erste Teilprozess, die Rumpffertigung gezeigt. In der Rumpffertigung wird zu Beginn in der Negativform die Außenschale des Rumpfes in fünf Lagen mit jeweils anschließendem Vakuumhärtung lamelliert. Danach werden die Rumpferstärkungen wie Balkenweger und Spanten sowie die Kielverstärkung eingepasst. Den Abschluss der Rumpffertigung bildet eine Qualitätskontrolle.

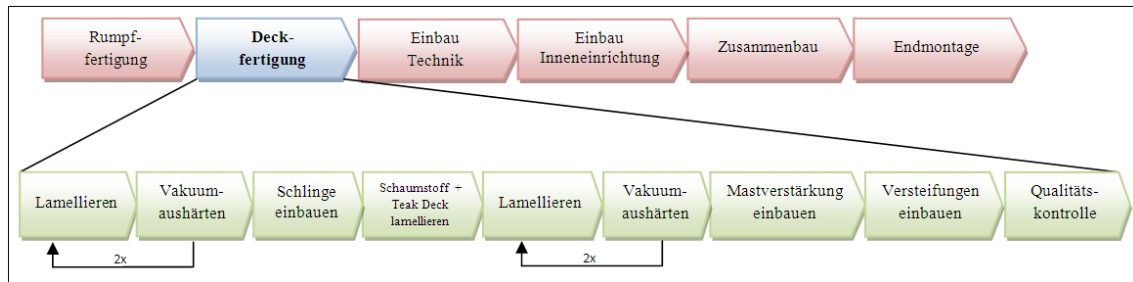


Abbildung 2-6: Teilprozessschritt Decksfertigung

In Abbildung 2-6, der Decksfertigung wird ähnlich wie beim Rumpf, in der Negativform das Deck lamelliert. Aus Gewichtsgründen wird hier als vierte Lage allerdings Schaumstoff verarbeitet. Vor der vierten Lage Furniere werden die Schlinge und das angrenzende Teak-Deck angebaut. Am Ende folgen Verstärkungselemente wie Mastverstärkung und zusätzliche Versteifungen. Den Abschluss bildet wieder eine eingehende Qualitätskontrolle.

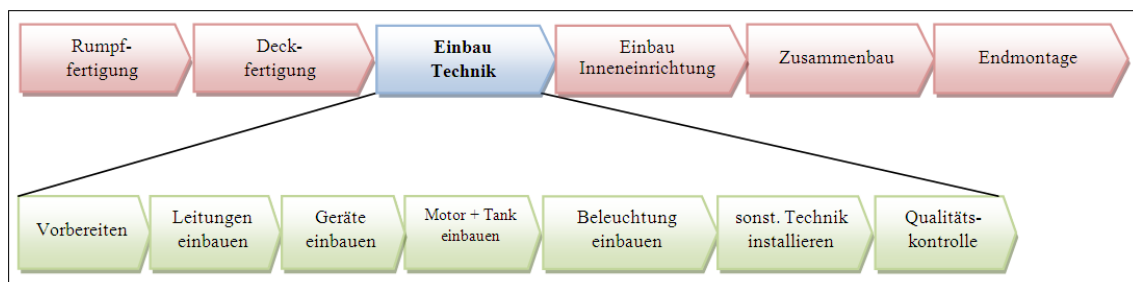


Abbildung 2-7: Teilprozessschritt Einbau Technik

Abbildung 2-7 zeigt den nachfolgenden Teilprozess Einbau Technik, indem in die zuvor erstellte Rumpfform, Leitungen und Geräte, sowie der Dieselmotor inklusive Tanks montiert werden. Die notwendigen Beleuchtungen sowie sonstige Technik wie Navigation und Ähnliches werden zum Großteil vorbereitet und einer anschließenden Qualitäts- und Funktionskontrolle unterzogen.

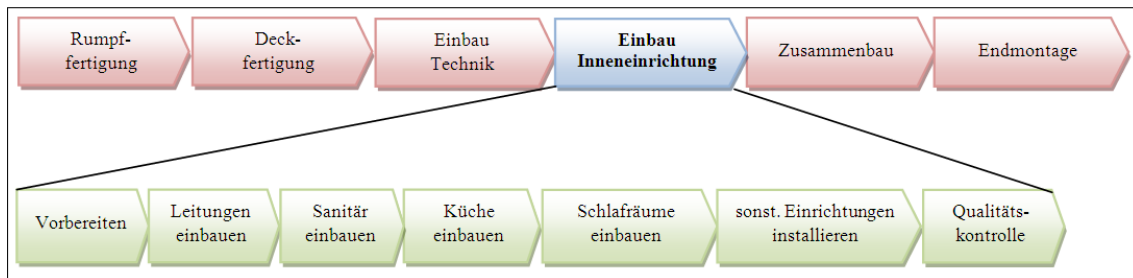


Abbildung 2-8: Teilprozessschritt Einbau Inneneinrichtung

In Abbildung 2-8 wird der Teilprozess Einbau Inneneinrichtung gezeigt. In diesem Prozess werden zu Beginn alle Leitungen für Sanitär und Küche eingezeichnet und montiert. Danach erfolgen die Vorbereitung zum Einbau von Küche und Schlafräumen sowie sonstiger Einrichtungsgegenstände mit abschließender Qualitätskontrolle.

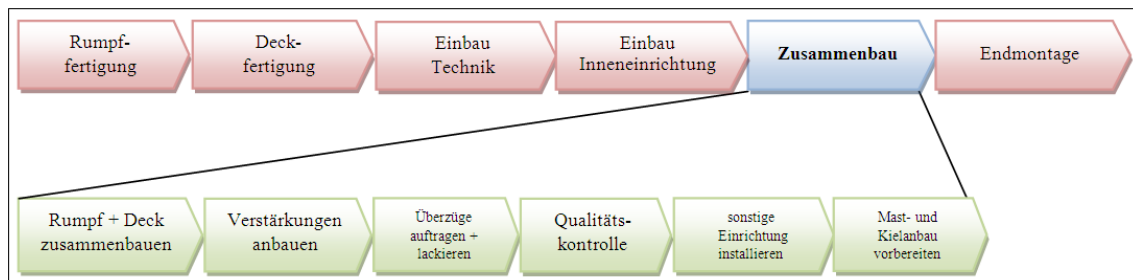


Abbildung 2-9: Teilprozessschritt Zusammenbau

Abbildung 2-9 zeigt den Prozessschritt Zusammenbau in dem Rumpf und Deck zusammengefügt werden. Anschließend erfolgt der Einbau von Verstärkungen und Versteifungen. Nach dem Aushärten werden erste Überzüge aufgetragen. Anschließend erfolgt eine Qualitätskontrolle und im Anschluss daran werden die restlichen Einrichtungen montiert sowie die Halterungen für Mast und Kiel vorbereitet.

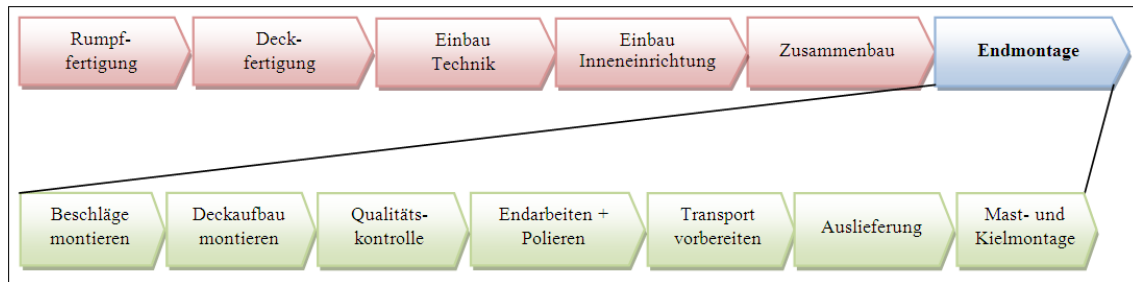


Abbildung 2-10: Teilprozessschritt Endmontage

In Abbildung 2-10 wird der Teilprozess der Endmontage gezeigt. Die Endmontage beginnt mit dem Montieren aller notwendigen Beschläge sowie dem gesamten Decksaufbau. Danach erfolgt eine letzte eingehende Qualitätskontrolle und die Yacht wird für den Transport vorbereitet. Nach der Auslieferung erfolgt vor Ort die Montage von Mast und Kiel.

Das Hauptaugenmerk dieser Prozessanalyse liegt bei der Fertigung von Rumpf und Deck sowie dem anschließenden Zusammenbau. Die Begründung liegt darin, dass es sich bei der Herstellung von Rumpf und Deck um ein neues, patentiertes Fertigungsverfahren handelt. Aufgrund dessen existieren noch keinerlei Erfahrungswerte bezüglich Fertigungs-, Aushärtungszeiten, nachfolgende Produktionsschritte etc. und diese sind in dieser Ausarbeitung und für die weitere Planung von großem Interesse.

Für den Bereich Endmontage in dem Zukaufteile in die Yacht montiert und diverse Installationen durchgeführt werden, kann auf vorhandene Statistiken und Vergleichswerte zurückgegriffen werden.

Bevor die eigentliche Fertigung von Bauteilen für die Yacht begann, musste aufgrund des neuartigen und auch patentierten Fertigungsverfahrens zwei Negativformen für Rumpf- und Decksfertigung hergestellt werden. Diese Formen wurden aus speziellem Hartschaumstoff mithilfe eines CNC-Bearbeitungszentrums gefräst und anschließend auf fahrbaren Holzgestellen angeordnet und verklebt. Anschließend erfolgte ein Anstrich dieser Formen mit einem Füller, damit eine möglichst ebene Fläche entsteht und die Haltbarkeit und dauerhafte Verwendung gewährleistet wird.

Nach der Herstellung sind diese bei ordnungsgemäßer Handhabung viele Jahre einsetzbar. Bei der Verwendung ist lediglich darauf zu achten, dass diese nach der Fertigung von ungefähr 3-4 Yachten, jeweils mit einem Trennmittel imprägniert werden. Dies ist erforderlich, um zu vermeiden dass die lamellierten Bauteile an den Formen beim Herausheben haften bleiben und dadurch beschädigt werden.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde nun der Fertigungsprozess des ersten Prototypen begleitet und vollständig dokumentiert.

Das Ergebnis dieser Analyse sind detaillierte Arbeitsablaufpläne die sich im **Anhang 1** befinden.

Abbildung 2-11 zeigt den Aufbau eines Arbeitsablaufplans mit den darin enthaltenen Informationen.

Produktionsbereich: Zusammenbau (Prototyp)											Datum: 22. Nov 09		
Prüfung Lagerung	1 Schritt	Operation		Material	Menge	Fläch- enbe- darf	Entfer- nung	Zeit [h]	MA	Zeit [h] ohne MA	Sinnbilder		
		Fluss	Maschine/ Werkzeug								○	◇	▽
	1 Zusammenbau Vorbereiten	○	-	-	-	-	-	1	2	-	○	◇	▽
	2 Klebekante Rumpf vorbereiten	○	Hobelma.	-	-	-	-	2	2	-	○	◇	▽
	3 Deck anheben	○	Laufkran	-	-	-	-	0,25	2	-	○	◇	▽
	4 Klebekante Deck vorbereiten	○	Hobelma.	-	-	30 m <sup>2</sup>	10 m	1,5	2	-	○	◇	▽
	5 Passgenauigkeit überprüfen	◇	Laufkran	-	-	-	-	1	2	-	○	◇	▽
	6 Rumpf und Deck verkleben	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	1,75	3	-	○	◇	▽
	7 Aushärten	◇	-	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	▽
	8 Qualitätskontrolle + ev. Nacharbeit	◇	-	-	-	-	-	4	1	-	○	◇	▽
	9 Passgenauigkeit von Teak Deck überprüfen	◇	Maßband, Hilfsmittel	-	-	-	-	2	2	-	○	◇	▽
	10 Tempern vorbereiten	○	Tempera. Temperhilfsmittel	Hilfsmaterial für Tempern	siehe Tab. 2-11	-	-	1	2	-	○	◇	▽
	11 Tempern	◇	Tempera.	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	▽
	12 Tempern abschließen (wegräumen)	○	-	-	-	-	-	0,5	2	-	○	◇	▽
	13 Teak Deck verkleben	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	2	2	-	○	◇	▽
	14 Aushärten	◇	-	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	▽

Abbildung 2-11: Arbeitsablaufplan Zusammenbau (Auszug)



**Erläuterungen zu den aufgezeichneten Informationen:**

In Tabelle 2-1 werden die in den Arbeitsablaufplänen aufgezeichneten Daten beschrieben. Die Nummerierungen in Tabelle 2-1 beziehen sich dabei auf die Nummerierung in Abbildung 2-11.

<b>Information</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>1. Schritt</b>	Es werden die einzelnen Produktionsschritte aufgelistet.
<b>2. Fluss</b>	Zeigt, um welche Art von Manipulation es sich beim jeweiligen Produktionsschritt handelt. Zur Auswahl stehen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung</li> <li>• Lagerung</li> <li>• Operation</li> <li>• Verzögerung</li> <li>• Transport</li> </ul>
<b>3. Maschine/ Werkzeug</b>	Die für den beschriebenen Produktionsschritt verwendeten Maschinen und Werkzeuge werden hier dokumentiert.
<b>4. Material</b>	Listet das verarbeitete Material für die jeweiligen Produktionsschritte auf.
<b>5. Menge</b>	Beinhaltet die Mengenangabe der verarbeiteten Materialien von Punkt 4.
<b>6. Flächenbedarf</b>	In manchen Produktionsschritten müssen beispielsweise Abdeckfolien zurechtgeschnitten werden. In dieser Spalte wird der dafür benötigte Flächenbedarf aufgezeichnet.
<b>7. Entfernung</b>	Diese Spalte listet grob die anfallenden Wegstrecken zwischen Vorbearbeitung auf einer Maschine oder Auslagerung und der Verarbeitung des Materials in den jeweiligen Produktionsbereichen auf.
<b>8. Zeit [h]</b>	Diese Spalte dokumentiert die benötigten Zeiten der einzelnen Produktionsschritte. Die kleinste Einheit sind 1/4-Stunden.
<b>9. MA</b>	Die für den beschriebenen Produktionsschritt benötigten

	Mitarbeiter werden hier aufgeschrieben.
<b>10. Zeit [h] ohne MA</b>	Für Produktionsschritte, bei denen es sich um „Verzögerungen“ wie beispielsweise beim Vakuumhärtung handelt, benötigt das Harz eine bestimmte Zeit, jedoch ohne Zutun der Mitarbeiter. Diese Zeiten werden gesondert dokumentiert und in der nachfolgenden Produktionsplanung wird darauf geachtet, dass sich diese Zeiten außerhalb der Arbeitszeiten befinden (über Nacht, etc.)
<b>11. Sinnbilder</b>	Dies ist eine grafische Darstellung der verschiedenen Manipulationsarten und dient als Hilfe für eventuell später anfallende Prozessoptimierungen. Als Abschluss eines jeden Arbeitsplanes werden die einzelnen Arten der Manipulation sowie die anfallenden Zeiten aufsummiert.

Tabelle 2-1: Erläuterungen zu den Arbeitsablaufplänen

Die Ergebnisse der Arbeitsablaufpläne werden im Kapitel 2.2.2 zeitlich geordnet und im Kapitel 2.2.3 der Fertigungsablauf für die einzelnen Teilbereiche grafisch dargestellt.

### 2.2.2 Gliederung und Ablauf der Produktion

Die Fertigung der Yacht RY 29 setzt sich aus fünf Teilbereichen zusammen. Beim Rumpfbau handelt es sich um die Herstellung der Außenhaut des Schiffes. Das Deck bildet den Abschluss des Rumpfes. Im Zusammenbau erfolgt die Zusammenführung von Rumpf und Deck mit anschließender Lackierung und als Abschluss erfolgt die Endmontage mit allen Aufbauten sowie einer eingehenden Qualitätskontrolle.

Abbildung 2-12 zeigt grafisch die Zusammenhänge der Produktion.

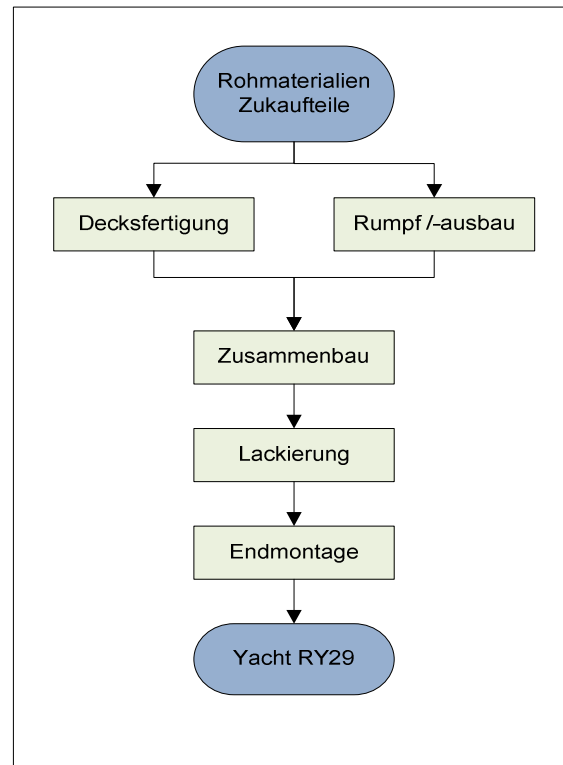


Abbildung 2-12: Zeitlicher Ablauf der Produktion

Im Prototypenbau wurde mit der Fertigung des Decks begonnen. Anschließend wurde dieses eingelagert und der Rumpf hergestellt. In der späteren Kleinserienproduktion kann, bei ausreichenden Mitarbeiterressourcen, jedoch gleichzeitig mit Fertigung von Deck und Rumpf begonnen werden.

### 2.2.3 Grafische Darstellung mittels Prozessketten

Als letzter Punkt der Prozessanalyse werden nun die ermittelten Produktionsabläufe mithilfe von Prozessketten grafisch dargestellt. Im Zuge des Prototypenbaus wurde von den Mitarbeitern festgestellt, dass bei Bauteilen die im Vorfeld aus Mahagoni-Massivholz gefräste CNC-Teile verbaut werden sollten, die geforderte Optik nicht erreicht werden kann.

Aufgrund dessen entschloss man sich, dass diese Bauteile ebenfalls aus Mahagoni-Furnieren lamelliert und anschließend CNC-bearbeitet werden. Dies bringt außer den

optischen Vorteilen, Verbesserungen in Bezug auf innere Spannungen und Verzug, vor allem bei Bauteilen die größer dimensioniert sind.

Zu diesen Bauteilen zählen beispielsweise Balkenweger, Spanten, Ringspanten, Steven, Kielmittelträger, etc. In Summe werden für eine Yacht, 10 derartige Bauteile von sehr unterschiedlichen Abmaßen benötigt. Bevor diese Teile jedoch lamelliert werden können, mussten ähnlich den Negativformen für Rumpf und Deck, Formen dafür hergestellt werden. Die Formen sind bereits vorhanden und können ebenfalls dauerhaft verwendet werden.

Der Fertigungsprozess zur Herstellung aller dieser Bauteile ist ident, er unterscheidet sich nur in Größe und Gestalt sowie der dafür benötigten Form zum Lamellieren und Aushärten.

Als erste Prozesskette wird der Fertigungsprozess dieser Bauteile, zusammengefasst unter dem Begriff „Vorarbeit“, abgebildet. Die lamellierten Bauteile weisen teilweise eine unterschiedliche Anzahl von verarbeiteten Furnieren auf. Dadurch fallen unterschiedliche Aus- und Durchhärtezeiten bis zum Weiterverarbeiten an. Diese Verzögerungszeiten müssen bei der Weiterverarbeitung im CNC-Bearbeitungszentrum mitberücksichtigt werden.

In Abbildung 2-13 ist der grundsätzliche Ablauf der Herstellung eines solchen Bauteiles ersichtlich. Zu Beginn werden die notwendigen Furniere zugeschnitten und anschließend in der entsprechenden Form lamelliert. Danach kommt das Bauteil in eine Stempelpresse in der es bis zum vollständigen Aushärten verbleibt. Anschließend wird das entstandene Profil grob vorgeschnitten, in ein CNC-Bearbeitungszentrum eingespannt und gefräst. Nach einer abschließenden Qualitätskontrolle erfolgt von Hand ein Feinschliff und das Bauteil wird danach bis zum Verbau zwischengelagert.

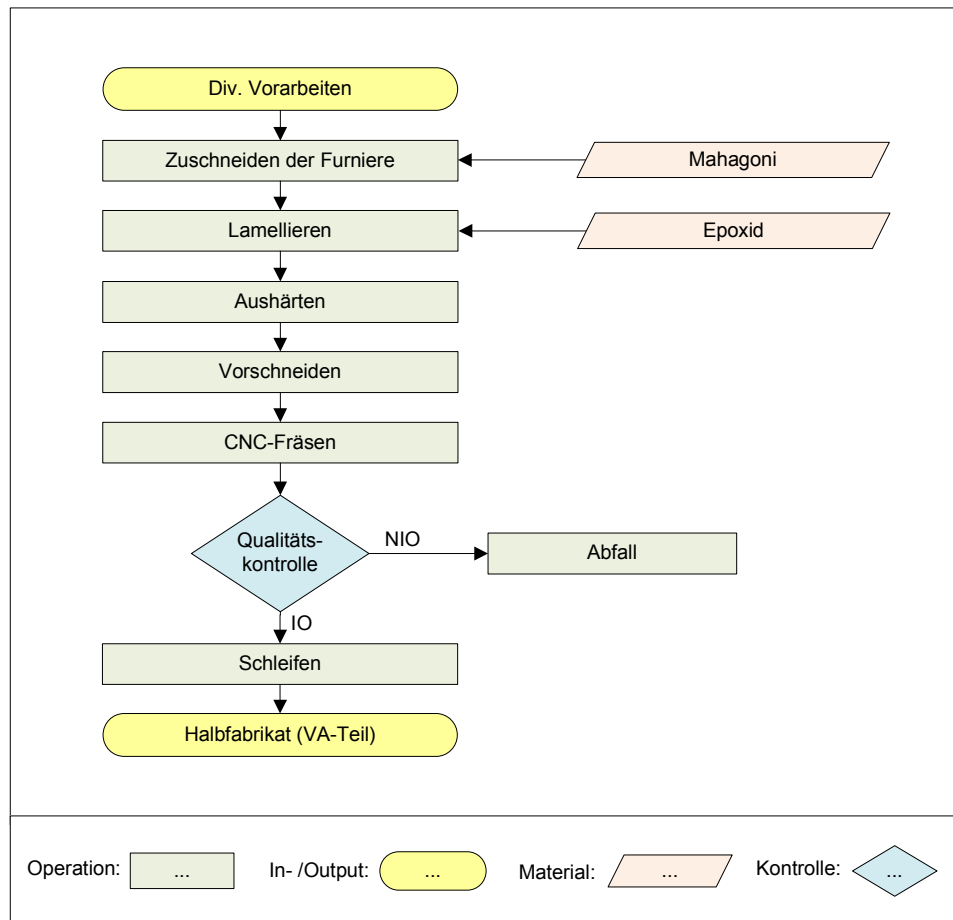
**Vorarbeit**

Abbildung 2-13: Prozesskette Vorarbeit

Für die Herstellung dieser Teile ist in der späteren Produktionshalle ein eigener Bereich vorgesehen. In der folgenden Planung ist in dieser Arbeit vom Bereich „**Vorarbeit**“ die Rede. In diesem sind auch die dafür notwendigen Formen gelagert, sowie eine ausreichend dimensionierte Fläche eingeplant, auf der beispielsweise die Vakuumfolien verklebt werden oder größere Bauteile wie der Balkenweger problemlos geschäftet werden können.

In den folgenden Produktionsbereichen in denen diese Teile verarbeitet werden, sind diese unter der Abkürzung „VA-Teile“ angeführt.

## **Decksbau**

Abbildung 2-14 und 2-15 zeigen die Prozesskette des Decksbaus. Dieser beginnt mit dem Zuschneiden und Lamellieren der ersten drei Lagen des Decks. Nach dem Aushärten der dritten Lage werden die Ränder für den Anbau der Schlinge vorbereitet und diese wird danach angeklebt. Als vierte Lage folgt aus Gewichtsgründen eine Lage Schaumstoff in dem die benötigten Beschlagsverstärkungen eingearbeitet werden müssen. Anschließend folgen wieder drei Lagen Mahagonifurniere. Um die Steifigkeit zu erhöhen wird anschließend der Einbau der Spanten sowie der Mastverstärkung durchgeführt.

Nach dem Aushärten wird das Seitendeck, gleich wie zuvor das Hauptdeck, aus sechs Schichten Mahagonifurnier mit mittiger Schaumstoffeinlage lamelliert.

Als Abschluss erfolgt der Auftrag des Überzugs in drei Schichten.

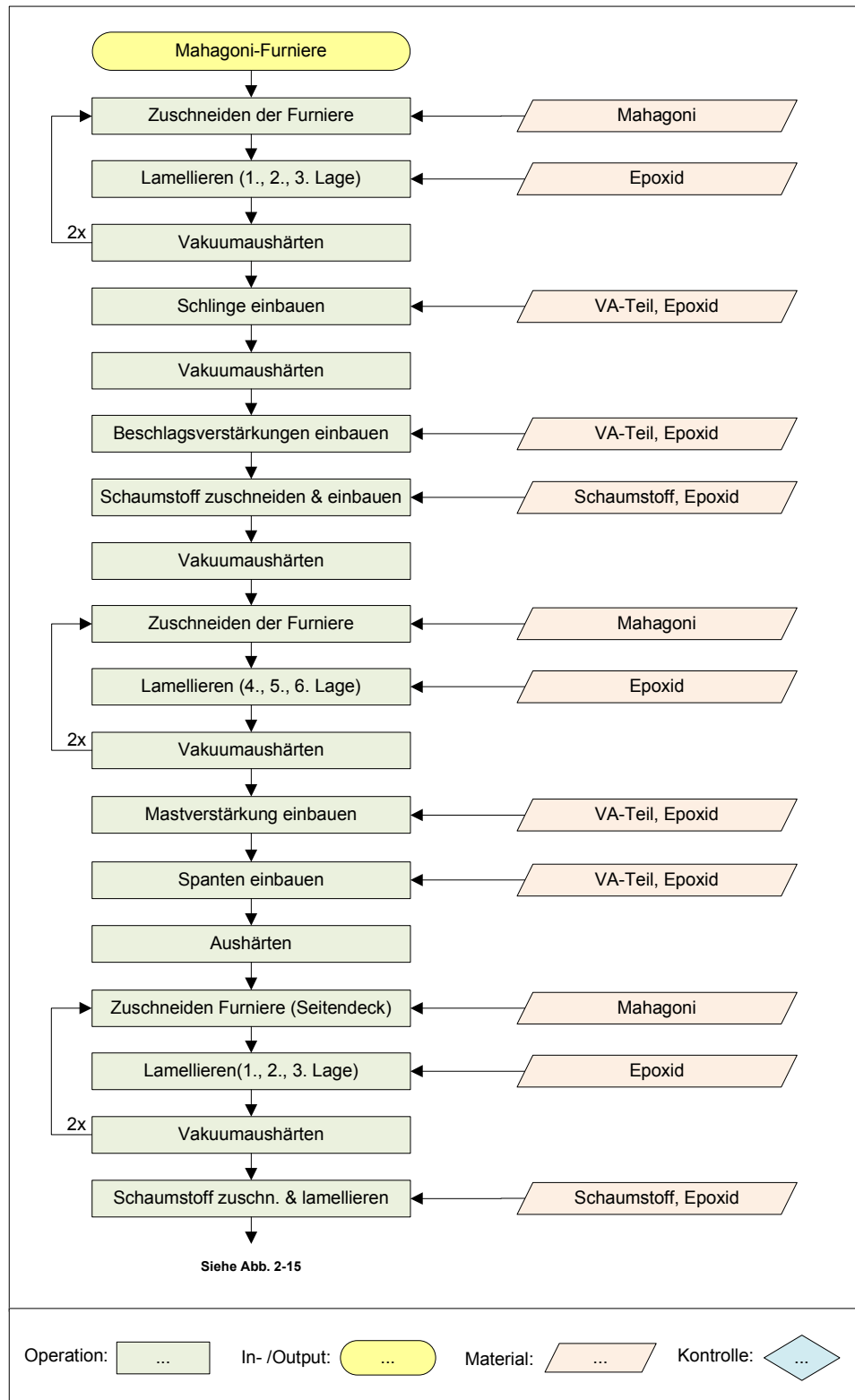


Abbildung 2-14: Prozesskette Decksbau (1/2)

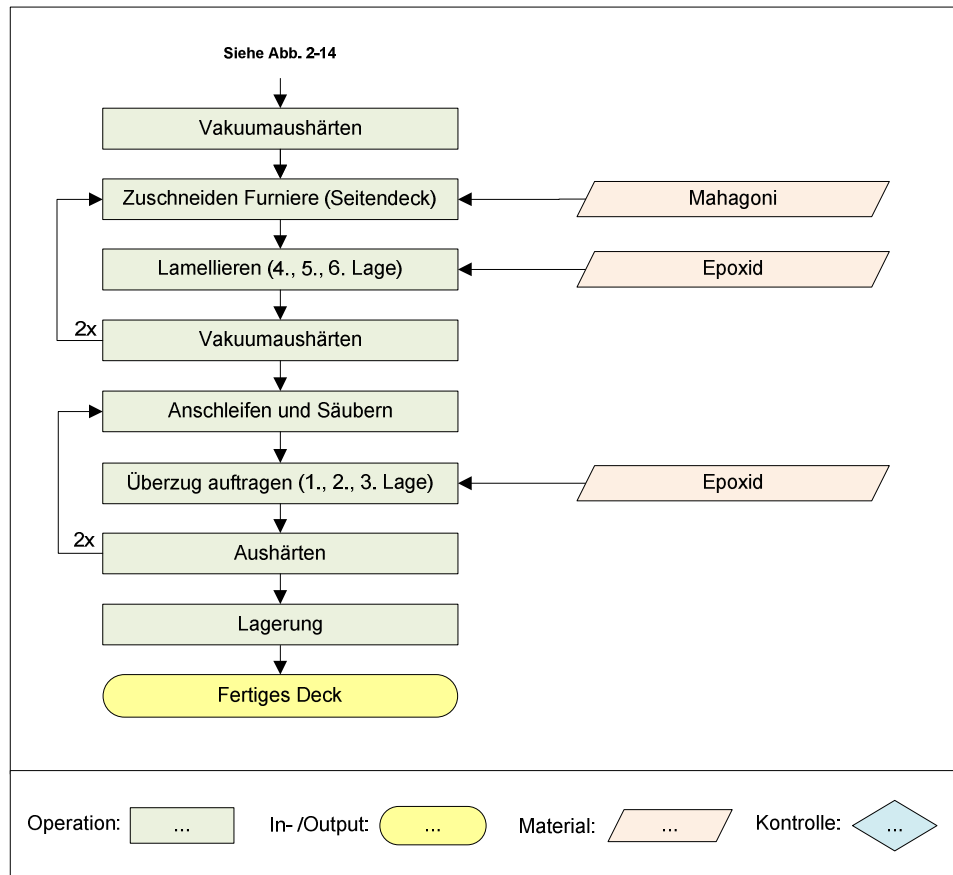


Abbildung 2-15: Prozesskette Decksbau (2/2)

In der späteren Kleinserienproduktion ist im Bereich **Decksbau** besonders darauf zu achten, dass aufgrund der großen Abmessung der Negativform ausreichende Weganteile eingeplant werden. Für das Lamellieren der Mahagoni-Furniere werden Arbeitsflächen (Arbeitstische) von ausreichender Größe benötigt. Im Bezug auf die Durchlaufzeit ist insbesondere beim Decksbau darauf zu achten, dass das Aushärten sowie Vakuumaushärten in Zeiten, in denen die Produktion ohnehin stillsteht, geplant werden. Diese Verzögerungszeiten die ohne Zutun von Mitarbeitern anfallen, sollen daher möglichst über Nacht oder über Wochenenden kalkuliert werden.

Das oben Erwähnte gilt in gleichen Maßen ebenso für den nächstfolgenden Bereich **Rumpf /-ausbau**.



Rumpf /-ausbau

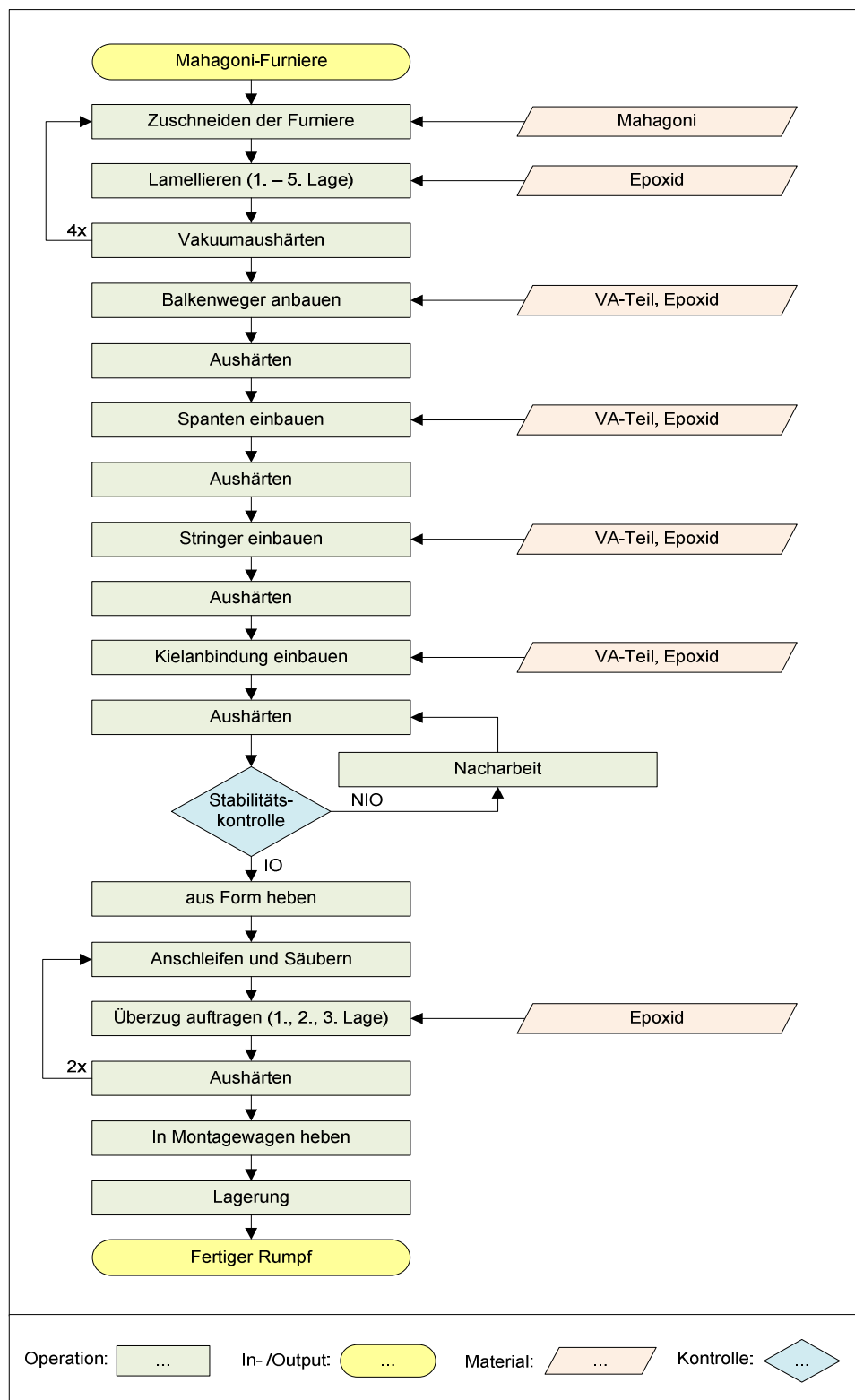


Abbildung 2-16: Prozesskette Rumpf / -ausbau

In Abbildung 2-16 ist der Ablauf der Rumpffertigung dargestellt. Dieser Herstellungsprozess beginnt wie zuvor die Fertigung des Decks durch das Lamellieren von fünf Schichten Mahagonifurnieren. Aus Stabilitätsgründen wird im Rumpf allerdings kein Schaumstoff verarbeitet. Nach der Aushärtungsphase werden die Spanten und Stringer sowie die Kielanbindung zur Verstärkung des Rumpfes verklebt. Abschließend erfolgt eine Versiegelung der Oberfläche durch Auftrag eines Überzugs aus Epoxidharz.

Abbildung 2-17 zeigt die Prozesskette des Zusammenbaus. Zuerst werden die Kanten von Rumpf und Deck vorbereitet und nach einer Passgenauigkeitskontrolle miteinander verklebt.

Nach dem Aushärten erfolgt der sogenannte Prozessschritt des Temperns. Dieser Schritt dient dazu, die Eigenschaften des verarbeiteten Holzes hinsichtlich Stabilität, Festigkeit und dergleichen dauerhaft zu erhöhen. Dies geschieht indem der gesamte Rohbau der Yacht in Vakuumfolie eingepackt und anschließend die Wärmeeinbringung von rund 60 bis 80 Grad Celsius über einen Zeitraum von mehreren Stunden eingeleitet wird.

Anschließend wird das Teak-Deck auf das Seitendeck aufgebracht und die Cockpitwanne eingebaut.

## Zusammenbau

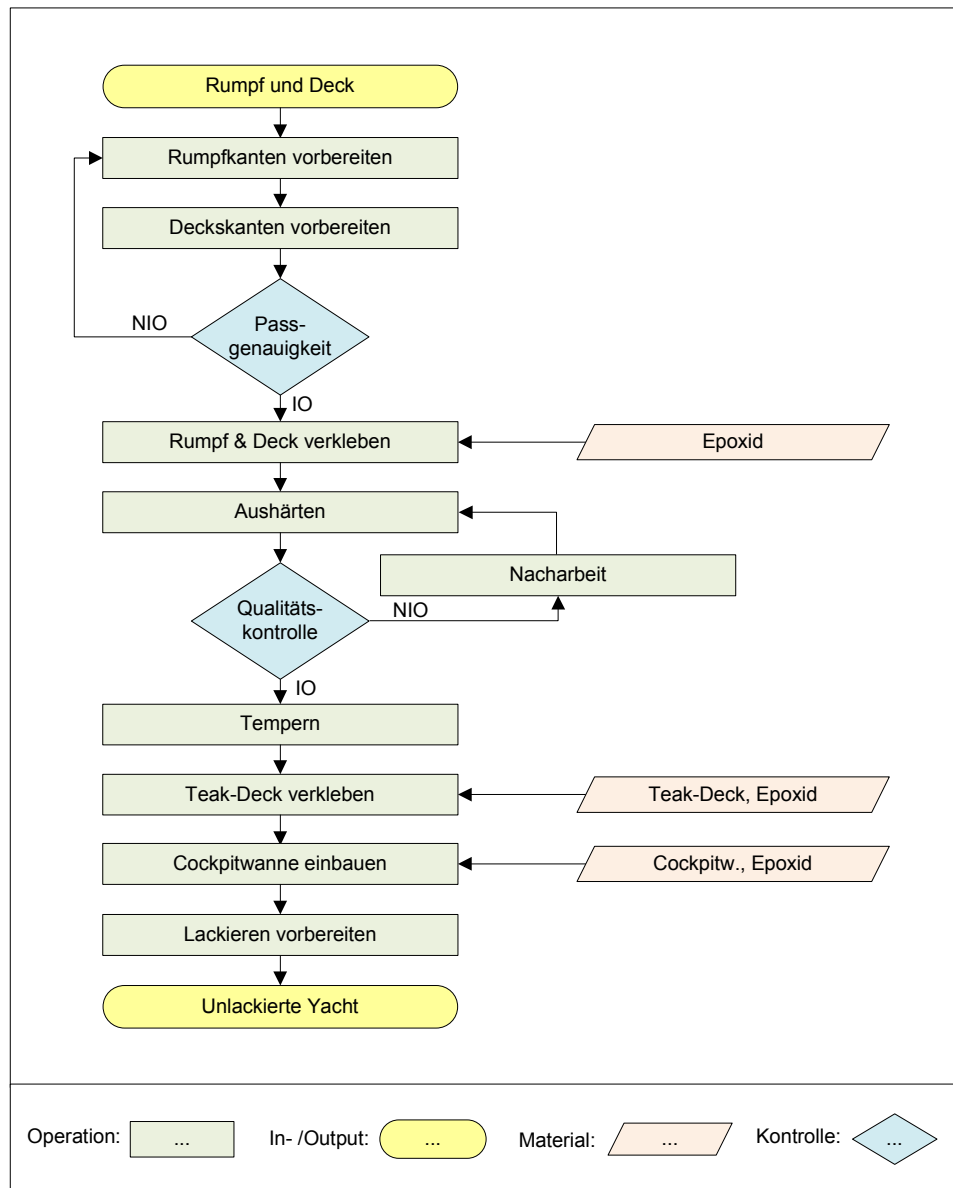


Abbildung 2-17: Prozesskette Zusammenbau

Im Bereich **Zusammenbau** werden Rumpf und Deck vereint. Bevor jedoch Rumpf und Deck verklebt werden, ist darauf zu achten, dass Teile mit großen Abmessungen, die anschließend nur sehr schwer oder überhaupt nicht mehr in die Rumpfform eingebracht werden können, zuvor installiert werden. Beim Zusammenbau ist natürlich auf höchste Präzision zu achten, da Fehler nicht mehr

oder nur sehr schwer wieder ausgebessert werden können und der dadurch entstandene Schaden enorm wäre.

## Lackierung

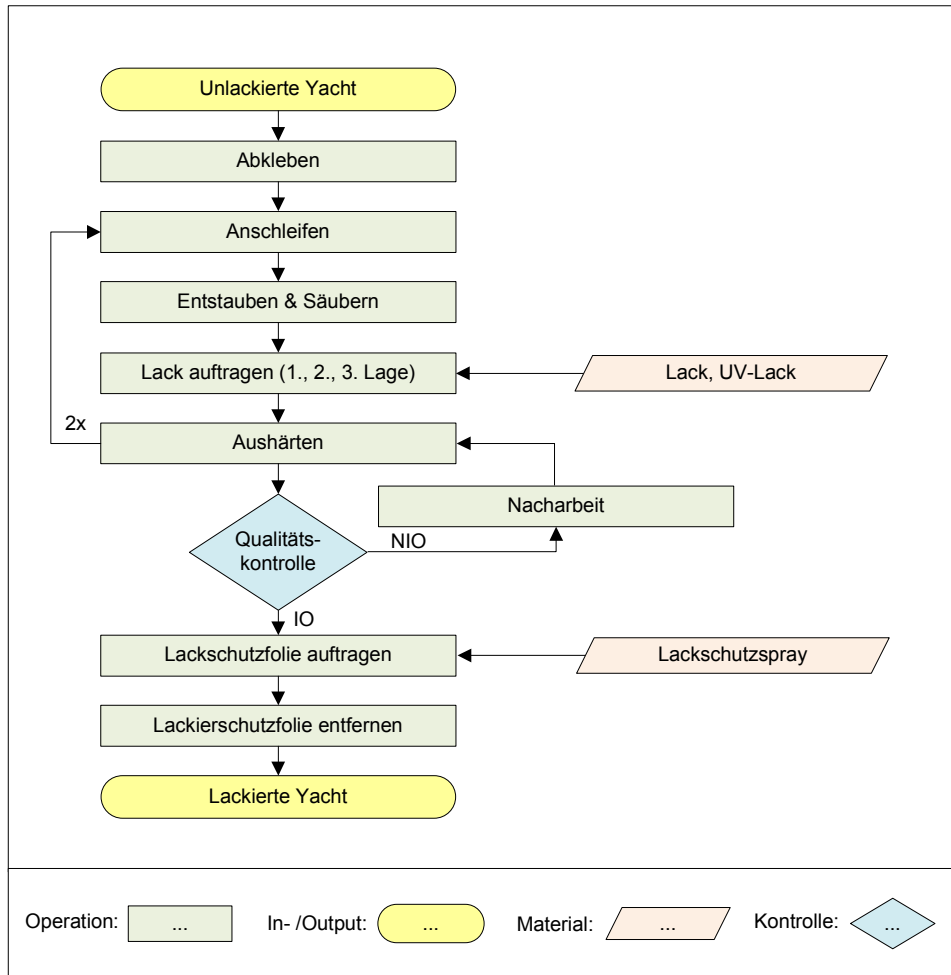


Abbildung 2-18: Prozesskette Lackierung

Abbildung 2-18 zeigt den nächstfolgenden Schritt nach dem Zusammenbau, die Lackierung. Die Lackierung der gesamten Yacht erfolgt in einer eigenen Lackieranlage. Geplant ist, dass drei Schichten Lack aufgetragen werden. Die ersten beiden Schichten bestehen aus handelsüblichem Acryl-Klarlack und die dritte Schicht ist ein spezieller UV-stabilisierender Lack der die empfindliche Oberfläche der Yacht dauerhaft vor Witterungseinflüssen sowie Meerwasser schützt. Anschließend wird noch eine sprühbare Schicht Lackschutzfolie aufgetragen.

## Endmontage

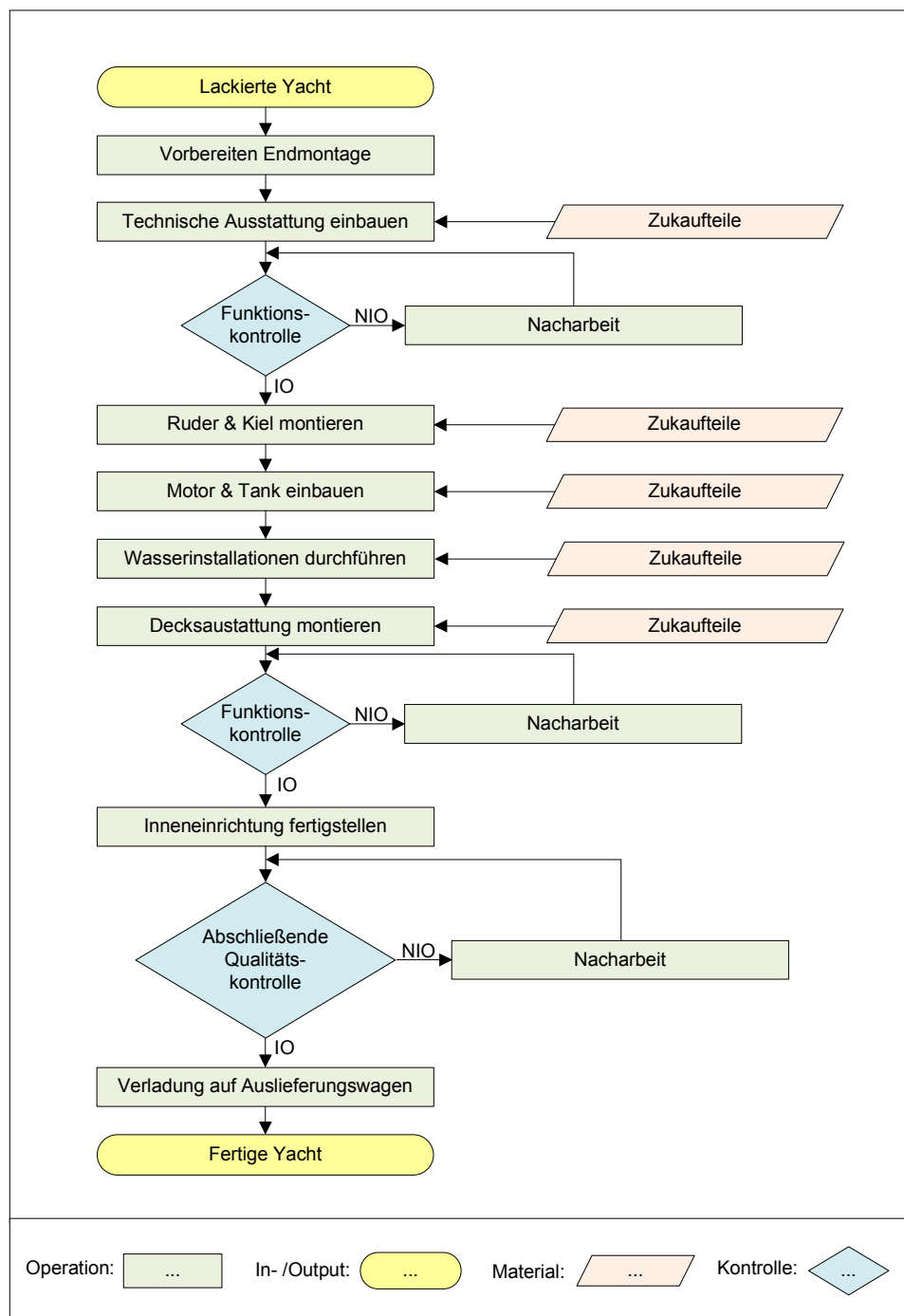


Abbildung 2-19: Prozesskette Endmontage

In Abbildung 2-19 ist der letzte Schritt der Herstellung einer Yacht, die Prozesskette Endmontage dargestellt. In der Endmontage erfolgt der Einbau der technischen

Ausstattung, wie Navigationssystem, Motorsteuerung, Elektronik, usw. Anschließend erfolgt die Montage von Ruder und Kiel sowie Motor und Tank. Sämtliche Installationen für Sanitär und Küche werden eingebaut und die gesamte Decksausstattung montiert. Nach einer Funktionskontrolle folgt die noch fehlende Inneneinrichtung. Nach Abschluss aller Arbeiten passiert eine letzte große Qualitätskontrolle und nach erfolgreicher Absolvierung dieser wird die nunmehr fertige Yacht auf einen Auslieferungswagen verladen und fehlende Teile wie Mast und Segel hinzu kommissioniert.

## 2.3 Produktionsablaufplanung Kleinserie

In diesem Kapitel wird nun aus den Erkenntnissen und Ergebnissen der Produktionsprozessanalyse die Produktionsablaufplanung für die kommende Kleinserie aufgebaut. Als Ergebnis soll ein kompletter Ablaufplan für die Herstellung einer Yacht entstehen. Aus diesem ist dann ebenso die notwendige Durchlaufzeit der einzelnen Fertigungsschritte, sowie die Gesamtdurchlaufzeit ersichtlich.

Die Produktionsablaufplanung wird zweimal durchgeführt. Einerseits soll die Ablaufplanung inklusive der benötigten Durchlaufzeit mit minimalem Personaleinsatz (in diesem Fall drei Mitarbeiter) aufgezeigt werden und ebenso anschließend die Ablaufplanung bei maximalem Personaleinsatz ermittelt werden.

In der Produktion sind aufgrund der zahlreichen Aushärtezeiten, die unumgänglich sind und auch nicht verkürzt werden können, Grenzen in der Produktionskapazität gesetzt. Aufgrund dessen ist es interessant, wie viele Yachten in einer bestimmten Periode mit den vorhandenen Negativformen, Betriebsmitteln, usw. bei maximalem Personaleinsatz produzierbar sind.

Die Ablaufplanung wird anhand der aufgestellten Arbeitsablaufpläne aus dem Prototypenbau durchgeführt. Der Verantwortliche der Unternehmung geht davon aus, dass für die kommende Kleinserienproduktion, einzelne Arbeitsschritte in kürzerer Zeit als in der Prototypenbauphase aufgezeichnet wurde, durchgeführt werden können. Aufgrund dessen wurden vor Beginn der Ablaufplanung die kompletten Arbeitsablaufpläne des Prototypenbaus nochmals durchdacht und mögliche Zeiteinsparungen dokumentiert. Diese neu ermittelten Zeiten werden nun für die kommende Produktionsablaufplanung der Kleinserie verwendet.

### 2.3.1 Ablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz

Den generellen Aufbau der Ablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz zeigt Abbildung 2-20. Die komplette Planung findet sich in **Anhang 2**. Die Ablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz wurde so ausgeführt, dass sich immer nur eine Yacht in Produktion befindet und erst nach Fertigstellung mit der nächsten begonnen wird.

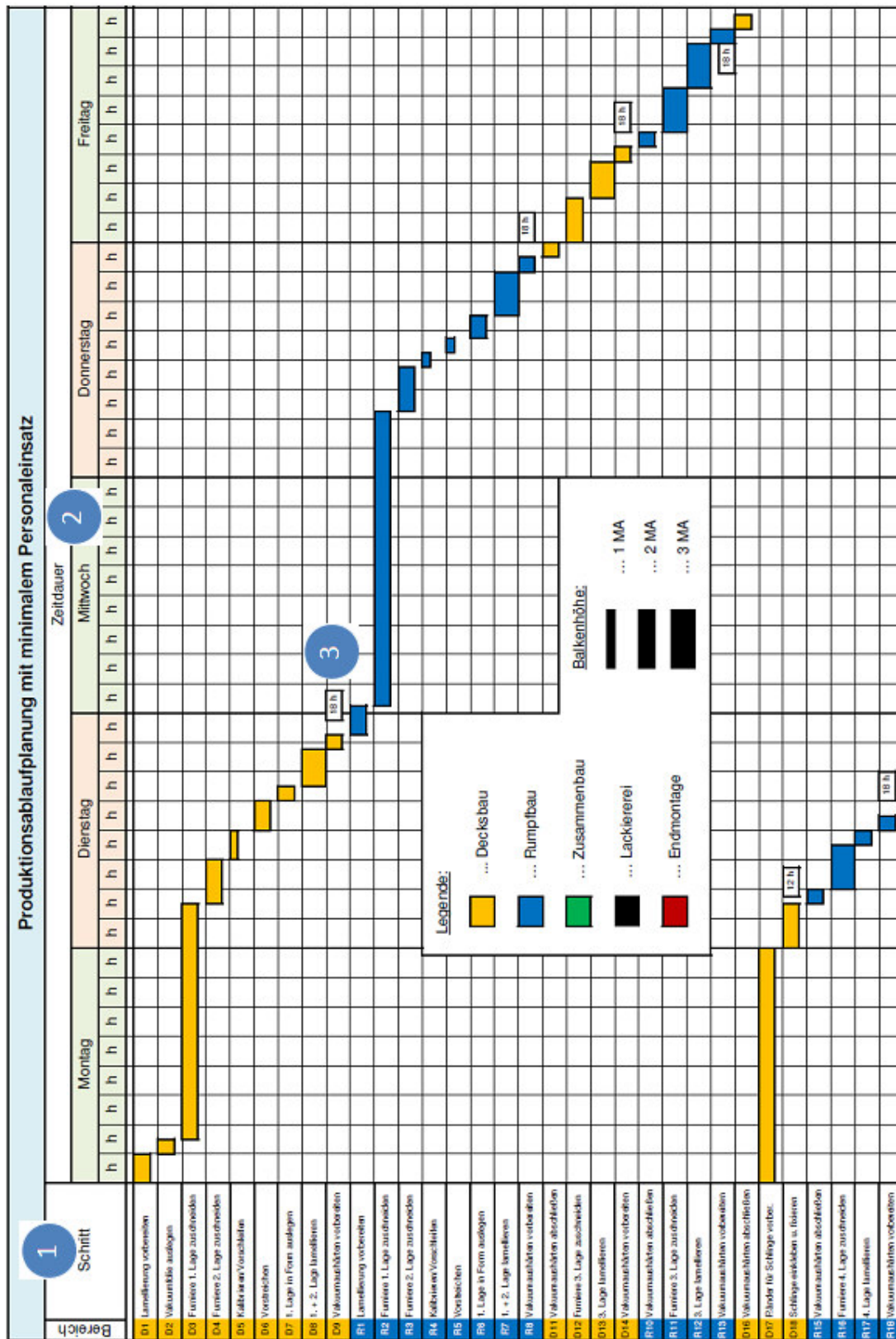


Abbildung 2-20: Produktionsablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz (Auszug)



**Erläuterungen zu Abbildung 2-20:**

ad 1)

Das Ziel der Ablaufplanung ist die möglichst günstige Anordnung, der aus den Arbeitsablaufplänen ermittelten Prozesse, um eine möglichst geringe Durchlaufzeit zu erreichen.

Die Vorgehensweise ist folgendermaßen aufgebaut:

Die Produktion beginnt mit dem Decksbau, da für diesen mehr Zeit notwendig ist als im Rumpfbau. Die Mitarbeiter fertigen das Deck bis zur ersten Verzögerungsphase (Vakuumaushärten). Danach startet die Fertigung des Rumpfes, ebenfalls bis zur ersten Verzögerungsphase. Die nachfolgenden Prozessanordnungen wurden nun unter Beachtung der anfallenden Verzögerungszeiten so angeordnet, dass diese über Nacht oder über das Wochenende stattfinden. Damit wird eine minimale Durchlaufzeit garantiert.

ad 2)

Die benötigte Zeit wird auf der vorgegebenen Zeitachse aufgetragen. Die Höhe der Balken liefert eine Aussage über die eingesetzten Mitarbeiter (1, 2 oder 3 MA) pro Prozessschritt.

ad 3)

Die angegebenen Stunden zeigen die Verzögerungszeiten zum Aushärten und somit die Dauer der Produktionsunterbrechung an. An diesen Stellen wurde versucht, durch gezielten Wechsel in einen anderen Teilbereich der Fertigung (Rumpf -> Deck oder Deck -> Rumpf) die Produktionszeiten dennoch möglichst kurz zu halten.

**Ergebnis der Ablaufplanung:**

Das Ergebnis für die Produktion einer Yacht mit minimalem Personaleinsatz beläuft sich auf eine gesamte Durchlaufzeit von 369,5 Stunden (9,24 Wochen).

Die angefallenen Verzögerungszeiten werden für die Herstellung der Vorarbeitsteile, die lamelliert und anschließend CNC-bearbeitet werden, sowie für weitere notwendige Vorarbeiten genützt.

Die Summe der angefallenen Verzögerungszeiten beläuft sich auf 137 Mann-Stunden.

### **2.3.2 Ablaufplanung mit maximalem Personaleinsatz**

Der Aufbau der Planung ist ident zu jener mit minimalem Personaleinsatz. Der Unterschied liegt darin, dass pro Produktionsbereich die maximale Anzahl an möglichen Mitarbeitern eingesetzt wird und anschließend die Ablaufplanung durchgeführt wird (siehe **Anhang 2**).

Hier wurde die Ablaufplanung so durchgeführt, dass sich in jedem Teilbereich der Fertigung eine Yacht befindet und so gleichzeitig fünf Yachten hergestellt werden können.

Abbildung 2-21 zeigt den Aufbau der Ablaufplanung im Bereich Zusammenbau.

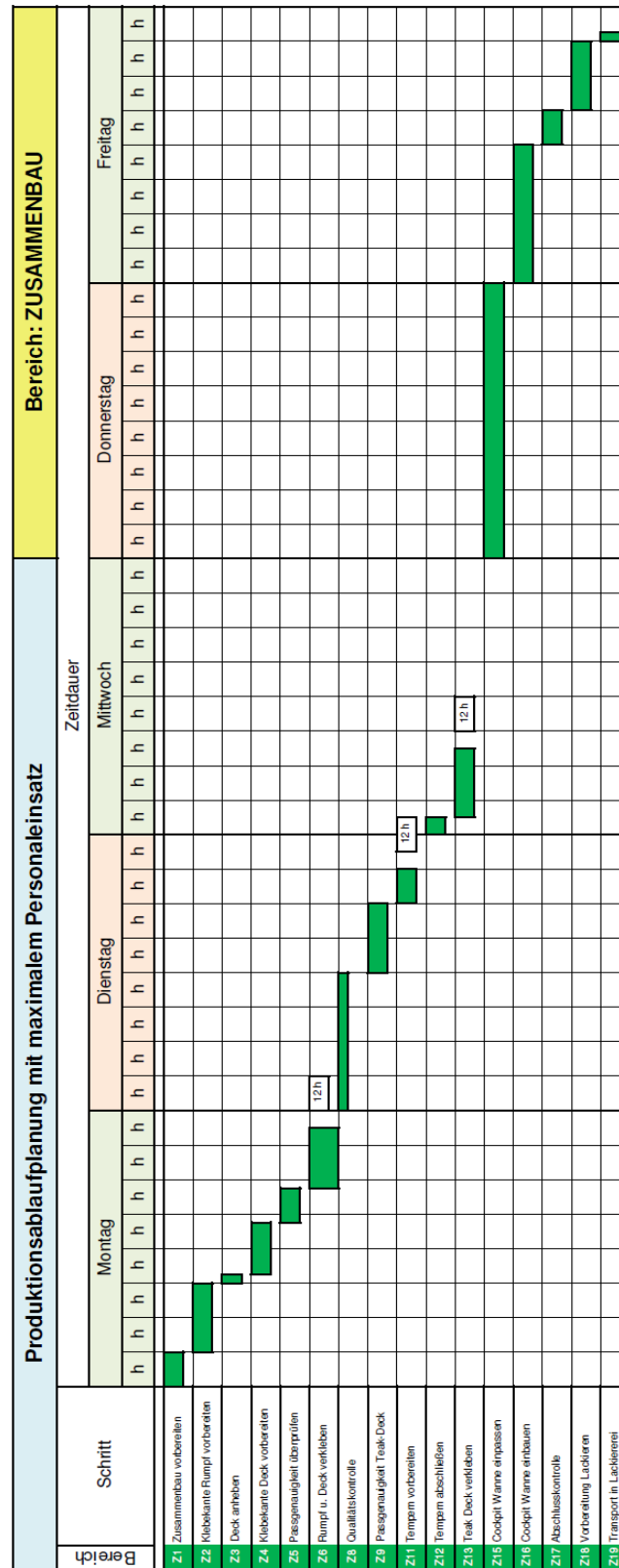


Abbildung 2-21: Ablaufplanung im Bereich Zusammenbau

Als Ergebnis folgt somit die Durchlaufzeit für jeden einzelnen Produktionsbereich.

<b>Bereich</b>	<b>Benötigte Mitarbeiter</b>	<b>Durchlaufzeit</b>
<b>Decksbau</b>	3	128,25 h (3,2 Wochen)
<b>Rumpfbau</b>	3	104,25 h (2,6 Wochen)
<b>Zusammenbau</b>	3	39,25 h (0,98 Wochen)
<b>Lackiererei</b>	2	58,25 h (1,46 Wochen)
<b>Endmontage</b>	4	65,5 h (1,64 Wochen)

Tabelle 2-2: Durchlaufzeit der einzelnen Teilbereiche

Daraus ergibt sich eine jährlich produzierbare Menge unter Berücksichtigung der gesetzlichen Urlaubstage von rund 15 Yachten (Berechnung: 3,2 Wochen \* 15 Yachten = 48 Wochen). Ausschlaggebend ist hierfür der Bereich Decksbau, da in diesem die Fertigungszeit am längsten ist. Für eine Produktionssteigerung müsste zuerst in diesem Bereich optimiert werden.

## 2.4 Kalkulationsrechnung CNC – Bearbeitungszentrum

Die Anschaffung eines CNC-Bearbeitungszentrums ist mit sehr hohen Kosten verbunden. Es stellt sich daher die Frage ob sich solch eine hohe Investition für die geplanten Stückzahlen der Unternehmung überhaupt rentieren wird. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, dass man die Bearbeitung der Teile zu einem Partner in Oberösterreich auslagert. Dies hat aber zur Folge, dass lange Transportzeiten (ca. 250 km) und somit auch Transportkosten sowie eventuell Verfügbarkeitsprobleme auftreten werden. Es wird daher eine Kalkulation für ein CNC-Bearbeitungszentrum durchgeführt, wodurch aus dem Ergebnis, eine Entscheidungshilfe für die Investition zur Verfügung stehen soll.

Die Anforderungen von Herrn DI Riedl sind folgende:

- 5 Achs-CNC Bearbeitungszentrum
- Bearbeitungsraum von mindestens
  - 4,5m Länge,
  - 1,25m Breite,
  - sowie 0,3m Höhe.

Die Kalkulationsrechnungen wurden in Excel-Arbeitsblättern durchgeführt, wobei die Dateneingaben variiert und somit an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden können. Herr DI Riedl hat mit diesen Arbeitsblättern daher die Möglichkeit diese Werte zu verändern und verschiedene Szenarien durchzuspielen.

Die Kalkulation wurde durch eine statische Investitionsrechnung durchgeführt. Diese ist aufgeteilt auf eine

1. Bestimmung der **Periodenkosten**
2. und eine **Amortisationsrechnung**.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> KRUSCHWITZ (2007), S.33

ad 1)

Die Bestimmung der Periodenkosten wurde durchgeführt, indem zu Beginn die gesamten anfallenden Kosten pro Einheit ermittelt wurden. Anschließend erfolgte aus diesen die Berechnung für die Fertigung einer Yacht.

Die relevanten Kosten sind:

- Investitionssumme für ein CNC-Bearbeitungszentrum
- Versicherungskosten
- Instandhaltungskosten
- Betriebsstoffkosten
- Werkzeugkosten
- Personalkosten
- Energieverbrauch
- Kalkulatorischer Zinssatz<sup>17</sup>

Betriebsinterne Daten für die Kalkulation sind:

- Geplante Nutzungsdauer (15 Jahre)
- Betriebsstunden pro Yacht (80 Stunden)
- Produzierte Yachten pro Periode (Periode = 1 Jahr)

Aufbauend auf diese Daten erfolgte die Berechnung der gesamten Kosten, aufgeteilt auf:

- die kalkulatorische Abschreibung,
- kalkulatorische Zinsen,
- Versicherungskosten,
- und Betriebskosten,

die anschließend hochgerechnet wurden. Als Ergebnis scheinen die Summe der jährlichen Periodenkosten sowie die Kosten pro Betriebsstunde auf (siehe **Anhang 3**).

---

<sup>17</sup> Vgl. KRUSCHWITZ (2007), S. 34

Die ermittelten Betriebsstundenkosten der Eigenfertigung werden den Kosten bei Fremdbezug gegenübergestellt.

Der Stundensatz bei Fremdbezug ohne anfallende Transportkosten wurde in Absprache mit Herrn DI Riedl bei 135 € angesetzt.

### Betriebsstundenkosten Eigenfertigung vs. Fremdbezug

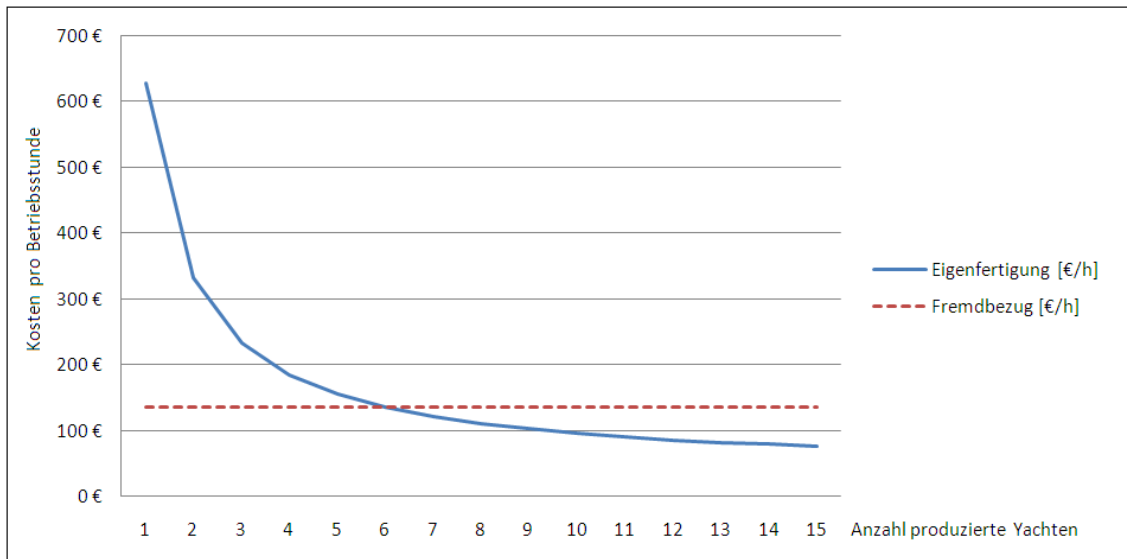


Abbildung 2-22: Betriebsstundenkosten CNC-Bearbeitungszentrum

In Abbildung 2-22 wurden die Stundensätze für den Betrieb eines eigenen CNC-Bearbeitungszentrums den Bezugskosten bei Fremdfertigung gegenübergestellt. Das Ergebnis zeigt, dass bei einer Fertigung von sechs Yachten pro Periode die Kosten für Eigenfertigung und Fremdbezug ident sind. Das bedeutet, dass eine Produktionsmenge von mindestens sieben Yachten erforderlich ist um den Betrieb eines eigenen CNC-Bearbeitungszentrums rechtfertigen zu können.

Im nächsten Schritt wurden die Gesamtkosten durch Multiplikation der Betriebsstunden mit dem Betriebsstundenkosten bestimmt und in Abbildung 2-23 dargestellt. Diese liefert einen Überblick über die Gesamtkosten je ausgestoßener Produktionsmenge.

### Gesamtkosten je Produktionsmenge

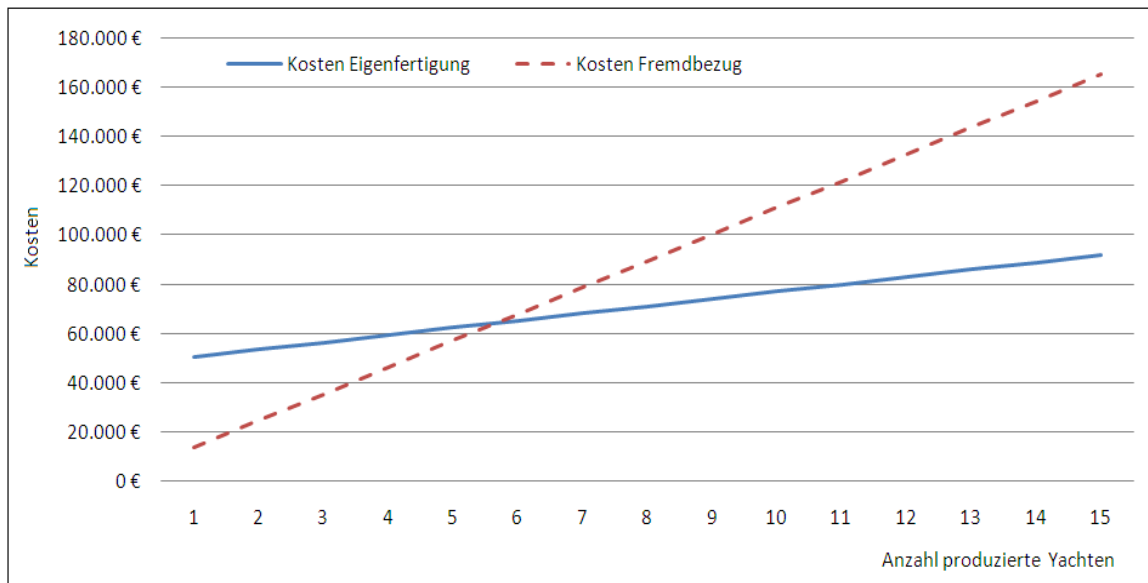


Abbildung 2-23: Gesamtkosten CNC-Bearbeitungszentrum

Die maximale Produktionskapazität von 15 hergestellten Yachten pro Periode wurde in Kapitel 2.3.2 ermittelt.

ad 2)

In der zweiten Kalkulationsrechnung wurde die Amortisationsdauer der geplanten Investition ermittelt. Als Grundlage für diese Berechnung wurde eine Produktionsmenge von sieben Yachten im ersten Jahr, sowie eine Produktionssteigerung von einer zusätzlichen Yacht in den darauffolgenden Jahren bis zum Erreichen der maximalen Kapazität (im 8. Produktionsjahr) von 15 Yachten festgesetzt.

In Abbildung 2-24 folgt die grafische Gegenüberstellung der Investitionssumme von 380.000 € zu den ermittelten Mehrkosten.

$$\text{Mehrkosten} = \text{Kosten bei Fremdbezug} - \text{Kosten der Eigenfertigung}$$



In diesem Fall ergibt sich daraus eine berechnete Amortisationsdauer von 9,03 Jahren.

### Amortisationsdauer

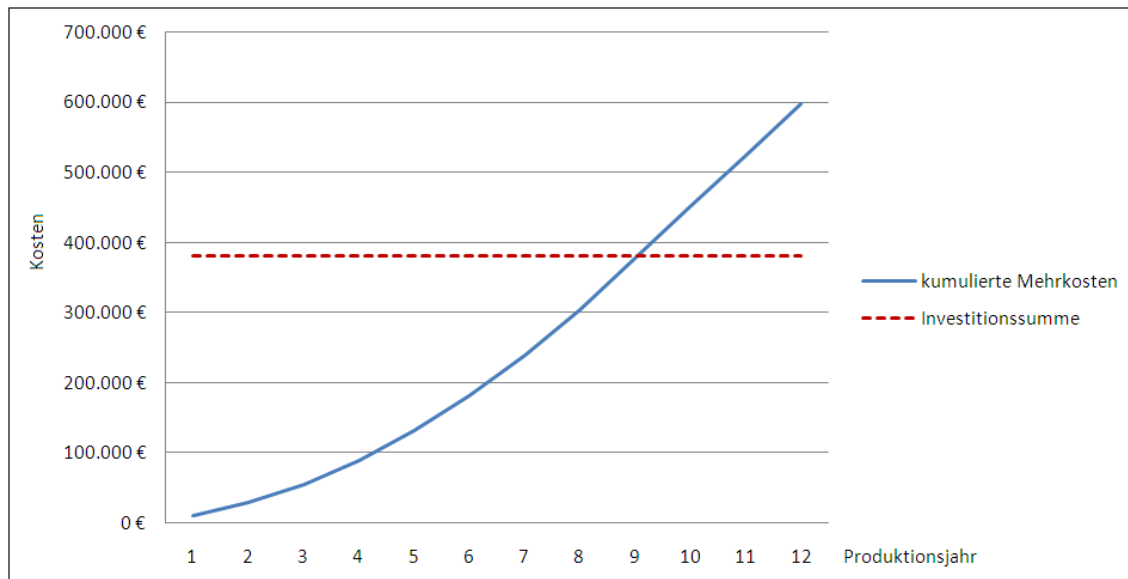


Abbildung 2-24: Amortisationsdauer CNC-Bearbeitungszentrum

Die Berechnungen mit Beispielwerten finden sich im **Anhang 3** sowie in elektronischer Form auf der beiliegenden CD.

## 2.5 Hilfsmaterial- und Betriebsstoffplanung

Als Hilfsmaterial bezeichnet man Materialien, die im Zuge der Herstellung „verbraucht“ werden. Sie gehen in das Produkt ein, haben aber auf dessen Gestaltung nur geringen Einfluss. Betriebsstoffe sind diejenigen Materialien, welche für die Leistungserbringung benötigt werden, aber nicht in das Produkt eingehen.<sup>18</sup>

Es ist für Herrn DI Riedl auch von Interesse, welche laufenden Kosten diese Verbrauchsmittel in etwa verursachen. Aus diesem Grund werden auch die anfallenden Kosten kalkuliert. Die Kosten wurden von der Zulieferfirma Time Out Composite oHG für Privatpersonen (d.h. ohne eventuelle Firmenpreismischlässe) ermittelt.

### 2.5.1 Auflistung der einzelnen Produktionsschritte

Eine Verbrauchsabschätzung kann man zum gegebenen Zeitpunkt am einfachsten durchführen, indem man die einzelnen Produktionsschritte von Beginn des Produktionsprozesses durchgeht und aus Beobachtungen und Interviews heraus, die einzelnen Verbrauchsmengen protokolliert und anschließend hochrechnet.

#### Lamellieren:

Darunter versteht man die Lamellierung einer gesamten Furnierschicht von Deck, Rumpf oder Seitendeck.

Bezeichnung	Menge	Einheit	€/Einheit	Bemerkung
Epoxidharz	2,25	kg	15 €	Berechnung <sup>19</sup> : 0,15kg/m <sup>2</sup> * 15m <sup>2</sup> (durchschnittliche Lamellierfläche)
Harzroller	3	Stk	0,50 €	3 MA pro Lamellierung
Schutzhandschuhe	3	Stk	0,10 €	-
Schutzanzug	3	Stk	5,30 €	-
Kunststoffsack	3	Stk	0,05 €	für Harzbehälter
Schutzfolie	5	m	0,30 €	zum Arbeitsflächen abdecken

Tabelle 2-3: Hilfsmaterialverbrauch Lamellieren

<sup>18</sup> AGGTELEKY (1982), S. 148ff.

<sup>19</sup> Vgl. GOUGEON (1986), S. 17

Vakuumaushärten:

Dieser Produktionsschritt ist unmittelbar nach jedem Lamellieren notwendig und benötigt bis zum vollständigen Aushärten 18 Stunden.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einheit</b>	<b>€/Einheit</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Vakuumfolie</b>	30	m <sup>2</sup>	0,30 €	-
<b>Klebestreifen</b>	20	m	0,10 €	zum Verkleben der Vakuumfolien
<b>Vakuumkitt</b>	30	m	2,10 €	zum Abdichten von Vakuumfolie/Form
<b>Öl f.</b>	0,25	l	10 €	
<b>Vakuumpumpe</b>				
<b>Schlauch</b>	8	m	2,50 €	gelocht für Vakuumaushärten
<b>Abreißgewebe</b>	30	m <sup>2</sup>	3,50 €	

Tabelle 2-4: Hilfsmaterialverbrauch Vakuumaushärten

Tempern:

Dieser Produktionsschritt wird für jede gefertigte Yacht nur einmal nach dem Zusammenbau durchgeführt.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einheit</b>	<b>€/Einheit</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Vakuumfolie</b>	30	m <sup>2</sup>	0,30 €	-
<b>Klebestreifen</b>	20	m	0,10 €	zum Vakuumfolien zusammenkleben
<b>Vakuumkitt</b>	30	m	2,10 €	zum Abdichten von Vakuumfolie/Form

Tabelle 2-5: Hilfsmaterialverbrauch Tempern

Lamellieren der Kleinteile:

Darunter sind jene Bauteile zu verstehen, die im Vorarbeitsbereich aus Mahagonifurnieren auflamelliert und anschließend CNC-bearbeitet werden.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einheit</b>	<b>€/Einheit</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Epoxidharz</b>	0,5	kg	15 €	geschätzter Durchschnittswert
<b>Schutzhandschuhe</b>	1	Stk	0,10 €	-
<b>Schutzanzug</b>	1	Stk	5,30 €	-
<b>Harzroller</b>	1	Stk	0,50 €	-
<b>Schutzfolie</b>	3	m	0,30 €	zum Arbeitsflächen abdecken
<b>Kunststoffsack</b>	1	Stk	0,05 €	für Harzbehälter

Tabelle 2-6: Hilfsmaterialverbrauch Lamellieren der Kleinteile

Kleben:

Geklebt werden alle Bauteile die in Rumpf und Deck eingebaut werden, wie beispielsweise Spanten, Kielanbindung, Mastverstärkung, usw.

Bezeichnung	Menge	Einheit	€/Einheit	Bemerkung
Epoxidharz	0,5	kg	15 €	geschätzter Durchschnittswert
Schutzhandschuhe	1	Stk	0,10 €	-
Schutzanzug	1	Stk	5,30 €	-
Harzroller	1	Stk	0,50 €	-
Kunststoffsack	1	Stk	0,05 €	für Harzbehälter
Pinself	1	Stk	3 €	-

Tabelle 2-7: Hilfsmaterialverbrauch Kleben

Überzug auftragen:

Die Innen- und Außenhaut von Rumpf und Deck werden nach der Herstellung mit mehreren Schichten Epoxidharz versiegelt.

Bezeichnung	Menge	Einheit	€/Einheit	Bemerkung
Epoxidharz	3	kg	15 €	Berechnung: siehe Tab. 2.9, jedoch mit 0,2kg/m <sup>2</sup>
Harzroller	2	Stk	0,50 €	2 MA
Schutzhandschuhe	2	Stk	0,10 €	-
Kunststoffsack	2	Stk	0,05 €	für Harzbehälter
Schleifpapier	7	Stk	0,50 €	-
Schutzanzug	2	Stk	5,30 €	-

Tabelle 2-8: Hilfsmaterialverbrauch Überzug auftragen

Lackieren:

Beim Lackieren werden drei Schichten Lack sowie zum Schutz der Lackierung eine aufsprüh- und anschließend wieder abziehbare Lackschutzschicht aufgetragen. Zu Beginn wird zweimal Klarlack sowie als Abschluss ein spezieller UV-stabilisierender Lack zum Schutz vor Sonneneinstrahlung und Salzwasser aufgetragen.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einheit</b>	<b>€/Einheit</b>	<b>Bemerkung</b>
Klarlack	10	kg	16,50 €	-
UV-Lack	10	kg	40 €	-
Lackschutzspray	10	l	50 €	Schutzüberzug
Schutzhandschuhe	1	Stk	0,10 €	-
Schutzanzug	1	Stk	5,30 €	-
Schleifpapier	10	Stk	0,50 €	-
Atemmaske	1	Stk.	18 €	-
Abdeckfolie	20	m <sup>2</sup>	0,05 €	geschätzter Wert
Klebeband Papier	50	m	0,05 €	geschätzter Wert

Tabelle 2-9: Hilfsmaterialverbrauch Lackieren

### 2.5.2 Berechnung für eine Yacht

Die Analyse der Arbeitspläne ergibt für die einzelnen Produktionsschritte je Yacht folgende Ergebnisse:

<b>Produktionsschritt</b>	<b>Anzahl</b>
Lamellieren	17
Vakuumaushärten	17
Lamellieren der Kleinteile	19
Tempern	1
Kleben	21
Überzug auftragen	6
Lackieren mit Acryllack	2
Lackieren mit UV-Lack	1
Lackschutz auftragen	1

Tabelle 2-10: Anzahl Produktionsschritte je Yacht

Die gesamte Menge ergibt sich aus der Multiplikation von obiger Tabelle mit den einzelnen Produktionsschritten.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einheit</b>	<b>€/Einheit</b>	<b>Kosten</b>
<b>Epoxidharz</b>	76,5	kg	15 €	1147,50 €
<b>Harzroller</b>	76	Stk	0,50 €	37,50 €
<b>Schutzhandschuhe</b>	76	Stk	0,10 €	7,60 €
<b>Schutzanzug*)</b>	8	Stk	5,30 €	42,40 €
<b>Kunststoffsack</b>	76	Stk	0,05 €	3,80 €
<b>Schutzfolie</b>	107	m	0,30 €	32,10 €
<b>Vakuumfolie</b>	330	m <sup>2</sup>	0,30 €	99 €
<b>Klebestreifen</b>	220	m	0,10 €	22 €
<b>Vakuumkitt</b>	330	m	2,10 €	693 €
<b>Öl für Vakuumpumpe</b>	5	l	10 €	50 €
<b>Schlauch*)</b>	20	m	2,50 €	50 €
<b>Abreibgewebe</b>	300	m <sup>2</sup>	3,50 €	1050 €
<b>Pinsel</b>	21	Stk	3 €	63 €
<b>Klarlack</b>	20	kg	16,50 €	330 €
<b>Schleifpapier</b>	58	Stk	0,50 €	29 €
<b>UV-Lack</b>	10	kg	40 €	400 €
<b>Atemmaske*)</b>	3	Stk	18 €	54 €
<b>Abdeckfolie</b>	100	m <sup>2</sup>	0,05 €	5 €
<b>Klebeband Papier</b>	200	m	0,05 €	10 €
<b>Lackschutzspray</b>	10	l	50 €	500 €

Tabelle 2-11: Hilfsmaterialverbrauch pro Yacht

Die Gesamtkosten an Hilfsmaterial und Betriebsstoffen belaufen sich somit in etwa auf 4625,90 € für die Herstellung einer Yacht.

\*) Erläuterung:

können öfters verwendet und je nach Gebrauchsspuren ausgetauscht werden. Die Werte wurden auf den Verbrauch für die Herstellung einer Yacht hochgerechnet.

## 3 Materialflussanalyse und –planung

In diesem Kapitel wird, aus den Erkenntnissen der Produktionsprozessanalyse, der Materialfluss für die zu planende Betriebsstätte analysiert, dokumentiert und anschließend ein IDEAL-Layout abgeleitet.

### 3.1 Vorbereitung der Analyse und Planung

Die Materialflussanalyse beschäftigt sich mit jenen Funktionen des Betriebsablaufes, durch die die eigentlichen Fertigungsoperationen verknüpft werden. Sie nehmen somit am eigentlichen Veredelungsprozess nicht direkt teil.<sup>20</sup>

#### 3.1.1 Theorie zum Logistikmanagement

Die zu untersuchenden Gestaltungsobjekte in dieser Diplomarbeit sind somit der Materialfluss des Prototypenbaus sowie damit verknüpft der Informationsfluss.

Materialströme sind nicht losgelöst von Informationsströmen. Material ist erst durch die Information „logistisch determiniert“.<sup>21</sup>

Unter Materialfluss versteht man die physische Wertschöpfung, d.h. die Güterbewegungen an sich. Diese können unterschieden werden in den Funktionen:

- Transportieren
- Umschlagen
- Lagern<sup>22</sup>

Damit die Materialflüsse koordiniert werden können, hat die Logistik dafür zu sorgen, dass ein Empfangspunkt gemäß seinem Bedarf von einem Lieferpunkt mit

- dem richtigen Produkt (in Menge und Sorte),
- im richtigen Zustand,

---

<sup>20</sup> AGGTELEKY (1982), S. 97

<sup>21</sup> PFOHL (1996), S. 79

<sup>22</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 1-8

- zur richtigen Zeit,
- am richtigen Ort

zu den dafür minimalen Kosten versorgt wird.<sup>23</sup>

Die Steuerung dieser Materialflüsse übernimmt ein ständiger Informationsfluss, der dem Material- und Produktfluss überlagert ist. Der Informationsfluss besteht einerseits in Richtung des Warenflusses und ebenso gegen den Warenfluss gerichtet.

Des Weiteren unterscheidet man noch:

- vorausseilende,
- begleitende,
- sowie nacheilende

Informationen.<sup>24</sup>

### 3.1.2 Zielsetzung der Materialflussanalyse

Mit der Materialflussanalyse wird eine doppelte Zielsetzung verfolgt:<sup>25</sup>

- Ermittlung der betrieblichen Daten, die für die Planung und Umgestaltung eines Betriebes erforderlich sind
- Ermittlung der Ansatzpunkte für technische und betriebliche Verbesserungen, ferner für Rationalisierungs- und Kostensenkungsmaßnahmen

Die Materialflussplanung beschäftigt sich in dieser Arbeit mit einem noch nicht bestehenden Produktionsablauf, daher ist eine Zielformulierung in Sachzielen zum gegebenen Zeitpunkt noch nicht möglich.

Das Hauptziel besteht daher in

- der Ordnung des Materialflusses,
- mit einer möglichst kurzen Fertigungsdurchlaufzeit,

---

<sup>23</sup> PFOHL (1996), S. 12

<sup>24</sup> Vgl. STUGGER, MITTERER (2009), S. 3-3ff.

<sup>25</sup> Vgl. PFOHL (2004), S. 6



- sowie einer guten Raum- und Flächennutzung,

für die Planung der neuen Betriebsstätte (siehe Kapitel 4 Betriebsstättenplanung).

Die Untersuchungsschwerpunkte dieser Materialflussanalyse beziehen sich demzufolge auf:<sup>26</sup>

- die materialflussgerechte Zuordnung von Abteilungen, Maschinen und Arbeitsplätzen
- den Materialdurchlauf von Teilen, Produkten und Produktgruppen
- der Organisation des Materialflusses
- die Planung und Auswahl geeigneter Förder- und Lagersysteme
- die räumliche Anordnung der einzelnen Fertigungsbereiche

### 3.1.3 Vorgangsweise bei einer Materialflussanalyse

Jede Materialflussanalyse lässt sich in den zwei zeitlichen Phasen

- Vorbereitung der Materialflussuntersuchung sowie
- Datenermittlung und –auswertung

durchführen.<sup>27</sup>

Bevor mit der Materialflussanalyse des Prototypenbaus begonnen werden kann, ist zu überlegen welche Untersuchungsbereiche für diese Arbeit notwendig sind. Es gibt hierfür fünf verschiedene Bereiche die betrachtet und durchleuchtet werden können. Die Untersuchung kann einzelne Bereiche, mehrere Bereiche gemeinsam, oder auch nur Teilbereiche betreffen.

#### Untersuchungsbereiche<sup>28</sup>

##### 1. *Betriebsexterner Bereich (zwischen Betrieb und Umwelt)*

---

<sup>26</sup> Vgl. NESTLER (1974), S. 26ff.

<sup>27</sup> Vgl. NESTLER (1974), S. 26

<sup>28</sup> Vgl. NESTLER (1974), S. 27ff.

Bei der Untersuchung des externen Bereiches werden alle Bewegungen von und zu dem Betriebsareal erfasst. Durch den betriebsexternen Bereich wird das außerbetriebliche Transportwesen bestimmt. Dazu gehört die Beurteilung des Standortes, bestimmend für das Heranführen der Arbeitskräfte, die Materialbeschaffung, den Absatz der Fertigungserzeugnisse, usw.

#### 2. *Betriebsinterner Bereich (zwischen Gebäuden eines Betriebes)*

Bei der Untersuchung des betriebsinternen Bereiches werden die Materialbewegungen zwischen den Gebäuden eines Betriebsareals erfasst. Bestimmend für den Materialfluss ist die Anordnung von Haupt-, Neben- und Hilfsbetrieben, Gebäuden, Werksanlagen und Lagern, sowie ihre Verbindung mit Straßen und gegebenenfalls Gleisen.

#### 3. *Gebäudeinterner Bereich (innerhalb eines Gebäudes, zwischen Abteilungen)*

Bei der Untersuchung des gebäudeinternen Bereiches, werden die Materialbewegungen zwischen den Abteilungen, aber innerhalb eines Gebäudes erfasst. Hauptaufgabe sind die materialflussgerechte Anordnung aller Betriebseinrichtungen und die Verbindung durch Fördermittel.

#### 4. *Abteilungsinterner Bereich (zwischen Arbeitsplätzen innerhalb einer Abteilung)*

Bei der Untersuchung des abteilungsinternen Bereiches werden die Materialbewegungen zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen (Betriebsmittel) erfasst. Die optimale Anordnung von Betriebsmitteln und die sinnvolle Verkettung derselben sind hier die Hauptaufgabe.

#### 5. *Arbeitsplatz Bereich*

Physiologische und psychologische Probleme, Arbeitszeitstudienaufgaben und Arbeitsteilung, Mechanisierungsgrad und Vorrichtungsbau sowie eine ganze Reihe anderer Problemstellungen bestimmen den Materialfluss am Arbeitsplatz und die Möglichkeit der rationellen Materialbewegung.

Von den oben genannten Untersuchungsbereichen sind für diese Materialflussanalyse folgende interessant:

- **Gebäudeinterner Bereich** - untersucht wird die optimale Materialbewegung (mit/ohne Fördermittel) und eventuelle Zwischenlagerung unter den einzelnen Fertigungsbereichen
- **Abteilungsinterner Bereich** - möglichst kurze Transportwege sowie gute Raum- und Flächennutzung ist anzustreben

Nachdem die einzelnen relevanten Untersuchungsbereiche ermittelt wurden, müssen noch die Untersuchungsschwerpunkte vor Beginn der Ist-Zustandsanalyse überlegt werden. Diese unterteilen sich wie folgt:

#### Untersuchungsschwerpunkte<sup>29</sup>

##### 1. *Materialflussorganisation und –disposition*

Das reibungslose Zusammenspiel von Material- und Informationsfluss bestimmt den Betriebsablauf und die Bewegung der Materialien und Güter.

##### 2. *Materialflusstechnik*

Darunter versteht man die technischen Möglichkeiten, Transport- und Lagervorgänge durchzuführen. Zu beachten sind dabei:

- Transportgut (Mengenverteilung, Häufigkeiten, Gewichte, etc.)
- Transporthilfsmittel (Paletten, Behälter, etc.)
- Transport- und/oder Lagertechnik (Geräte, Fabrikate, Auslastung, etc.)
- räumliche Anordnung

##### 3. *Materialflusskosten*

Die Analyse und Minimierung der Materialflusskosten sind das Ziel und der Ansatzpunkt vieler Untersuchungen.

---

<sup>29</sup> Vgl. STUGGER, MITTERER (2009), S. 2-3

In diesem Fall sind natürlich die Materialflussorganisation mit Disposition sowie die Materialflusstechnik zu untersuchen. Ebenso sind auch die Materialfluskosten nicht außer Acht zu lassen, jedoch sind diese zum Zeitpunkt des Prototypenbaus oder auch später, aufgrund der geringen Stückzahlen, vergleichsweise gering.

Das weitere Vorgehen beginnt mit der Ist-Zustandsaufnahme, im zweiten Schritt wird diese durchleuchtet und ein ideales Materialflusskonzept erarbeitet. Anschließend wird in der Real-Groblayoutplanung, die sich im Kapitel 4 Betriebsstättenplanung befindet, das Konzept an die tatsächlichen Gegebenheiten angeglichen.

## **3.2 Datenermittlung**

In diesem Kapitel werden durch Einsatz verschiedener Methoden, die erforderlichen Daten gesammelt, geordnet und analysiert.

### **3.2.1 Ist-Zustandsanalyse Prototypenbau**

Die Methoden zur Ermittlung des Ist-Zustandes lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen<sup>30</sup>:

- Materialflussuntersuchung aufgrund vorhandener betrieblicher Unterlagen
- Materialflussuntersuchung aufgrund von Befragungen
- Materialflussuntersuchung aufgrund von Beobachtungen

In dieser Arbeit werden alle genannten Methoden eingesetzt. Die Ermittlung der Daten für die Materialflussanalyse gestaltet sich in diesem Fall anders als in vergleichbaren Arbeiten, da diese nicht in umfangreicher Anzahl zur Verfügung stehen. In der Prototypenphase sind viele Aufzeichnungen aus der Fertigung noch nicht vorhanden. Verwendet werden daher die Konstruktionspläne mit den dazugehörigen Stücklisten, die Gewichtsrechnungen, sowie die im Kapitel 2.2 Produktionsprozessanalyse Prototypenbau erstellten Arbeitsablaufpläne.

---

<sup>30</sup> Vgl. NESTLER (1974), S. 82ff.

Befragungen sowie Beobachtungen werden in verstärktem Maße angewendet, da erstens viele Aufzeichnungen, wie oben erwähnt noch nicht vorhanden sind und zweitens, sich gerade in der Prototypenphase noch sehr viele Änderungen und Verbesserungen herauskristallisieren.

#### Ausgangssituation:

Die Fertigung des Prototyps findet in einer kleinen Tischlereihalle statt. Die Platzverhältnisse, sowie die Lagerbereiche sind gerade noch ausreichend. Die Fertigung begann mit dem Bau des Decks, das anschließend eingelagert wurde. An derselben Stelle wurde anschließend der Rumpfbau durchgeführt.

Aufgrund dessen bedarf es bei der Durchleuchtung der Materialflussorganisation sowie -technik einen hohen Einsatz an Befragungen und Beobachtungen.

Anschließend wird, durch Einsatz der obigen Methoden, ein IDEAL-Layout für die spätere Kleinserienproduktion entwickelt. Dies erfolgt zuerst durch eine schrittweise Darstellung der Materialflüsse für den gesamten Produktionsablauf.

### **3.2.2 Gliederung der Materialien (Materialgruppen)**

Die in dieser Fertigung verwendeten Materialien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lagerung, Handhabung, Transport, Verarbeitung und Entsorgung dermaßen, dass es von Vorteil ist, diese durch Gliederungskriterien zu differenzieren.

Hierunter fallen beispielsweise:<sup>31</sup>

- physikalische Eigenschaften (fest, flüssig, gasförmig)
- Form und Abmessungen
- Gewicht
- Fördereinheit oder –häufigkeit
- Förderzustand (klebrig, nass, heiß, kalt usw.)
- Schadensrisiken (giftig, explosiv, entzündlich, ätzend usw.)

---

<sup>31</sup> Vgl. REFA (1991), Teil 6, S. 250

Die Materialien werden daher folgendermaßen geordnet:

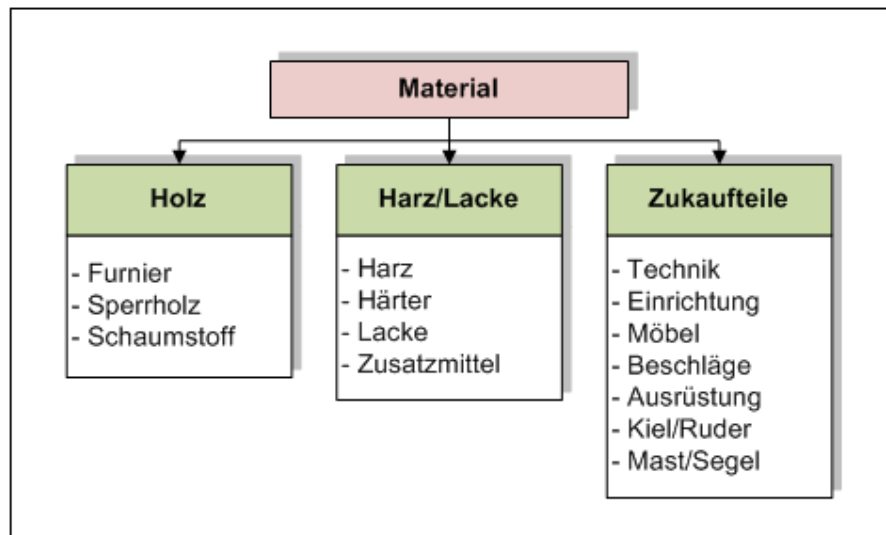


Abbildung 3-1: Gliederung der Materialien

Anhand dieser Gruppierung in Abbildung 3-1 kann man bereits die einzelnen Lager und Lagerbereiche welche in weiterer Folge für die Layoutplanung verwendet werden, erkennen. Die Hölzer müssen beispielsweise separat und unter besonderen klimatischen Bedingungen gelagert werden, da diese ansonsten zu viel Feuchtigkeit verlieren und dadurch nicht mehr verarbeitbar wären. Lacke und insbesondere Harze müssen ebenso gesondert gelagert werden, da diese gesundheitsschädlich, ätzend, sowie selbstentzündend sind. Nähere Ausführungen dazu siehe Kapitel 3.5 Lagerplanung.

### 3.2.3 Schrittweise Darstellung der Materialflüsse

Im Kapitel 2 Produktionsprozessanalyse wurden bereits die einzelnen Teilbereiche der Fertigung erarbeitet. Den ersten Schritt der schrittweisen Darstellung stellt nun die Bildung eines **Arbeitsablaufdiagrammes** durch Verkettung der einzelnen Fertigungsbereiche mit den Materialgruppen dar. Diese Darstellung liefert jedoch noch keinerlei Auskünfte über die Quantität der einzelnen Materialbewegungen. Die

Darstellung des Arbeitsablaufes in Abbildung 3-2 wurde mit Symbolen, die von der ASME<sup>32</sup> (American Society of Mechanical Engineers) empfohlen wurden, gezeichnet.

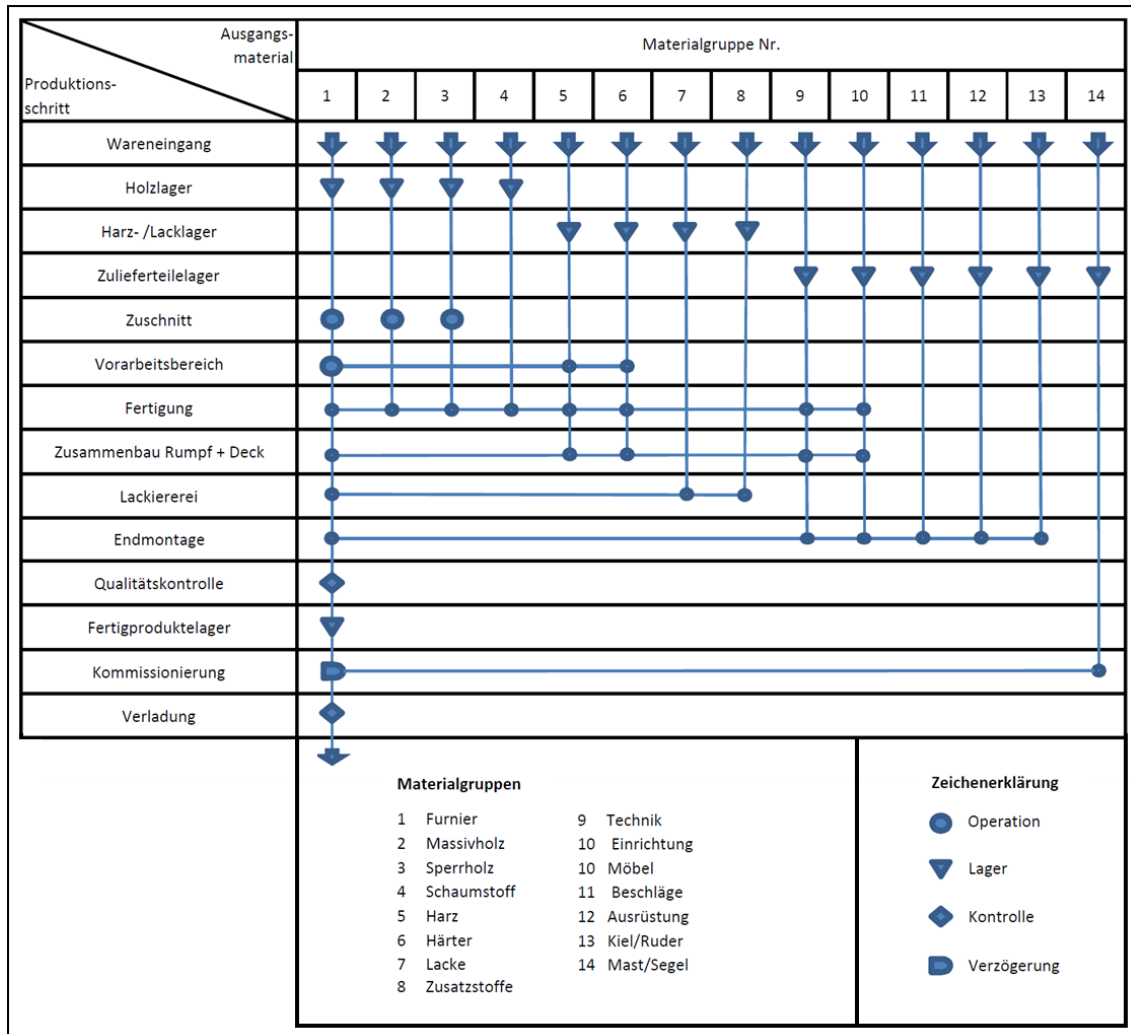


Abbildung 3-2: Arbeitsablaufdiagramm für die RY29

Die Gewichte und Abmessungen der einzelnen Materialgruppen differieren sehr stark. Im nächsten Schritt wurde deshalb versucht, die Anzahl der Transportbewegungen, unabhängig vom jeweiligen Gewicht und den Abmessungen, zu erfassen.

<sup>32</sup> ISHIWATA (2001), S. 66

Ausgehend von den vorgegebenen Stücklisten und ebenso durch Befragungen wurden einzelne Bauteile aus allen Bereichen der Fertigung sowie der abschließenden Kommissionierung bezüglich ihrer Art, Größe sowie dem Zeitpunkt der Verbauung zu einer Transporteinheit zusammengefasst (siehe **Anhang 4**).

Diese Einheiten sind jedoch für die drei vorhandenen Materialhauptgruppen völlig verschieden.

Sie unterscheiden sich wie folgt:

### *1. Materialgruppe Holz*

Die Furnierstreifen werden auf Paletten mit Abmessungen von ca. 3m\*1m angeliefert. Weiters sind diese noch zu Einheiten von ungefähr 30 Stück zusammengepackt. Die Entnahme für die einzelnen Produktionsschritte erfolgt nach einer Qualitätskontrolle und Auswahl, bundweise. Diese werden ohne Fördermittel direkt zu den einzelnen Verarbeitungsbereichen getragen.

### *2. Materialgruppe Harz/Lacke*

Die Verwendung dieser Gruppe unterscheidet sich hinsichtlich des Produktionsstadiums sehr stark. Es ist daher sehr schwer diese Bewegungen abzuklären, doch die Anzahl ist verschwindend gering, sodass sie auf die Materialflussplanung nahezu keine Auswirkung haben. Die Transporte werden im Bedarfsfall in den angelieferten Behältern händisch zu den Verarbeitungsmaschinen durchgeführt. Aus diesen Gründen wurde in der Transportmatrix der Bereich Harz-/Lacklager gespart.

### *3. Materialgruppe Zukaufteile*

In dieser Gruppe unterscheiden sich die einzelnen Materialien sehr stark. Die Abmessungen reichen von einigen Zentimetern bis zu einigen Metern. Es wurde deshalb versucht, die verschiedenen Teile zu Transporteinheiten, die entweder mit Hubstaplern, Handhubwagen oder auch händisch zur Fertigungsstation geliefert werden, zu unterteilen.



Zum besseren Verständnis sei als Beispiel der Dieselmotor inklusive Tank sowie den notwendigen Anschlüssen erwähnt, der für die Materialflussplanung auf zwei Transportbewegungen (= 2 Transporteinheiten) zusammengefasst wurde.

Das Ergebnis dieser Strukturierung stellt eine **Transportmatrix** (Relationship Chart) dar. Diese zeigt die Intensität der Bewegungen von und zu den einzelnen Tätigkeitsbereichen für eine Yacht (siehe Abbildung 3-3).

Bei der Herstellung der im Kapitel 2 erwähnten Vorarbeitsteile kommt es zu einem Rücktransport in den Bereich Zuschnitt. Die Teile werden zuerst an der Furniersäge (Zuschnitt) bearbeitet, danach im Vorarbeitsbereich lamelliert und nach dem vollständigen Aushärten, wieder zurückgeführt in den Bereich Zuschnitt und in der CNC-Maschine fertigbearbeitet.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>↓ von</span> <span>→ zu</span> </div>	Wareneingang	Holzlager	Zukaufteilelager	Zuschnitt	Vorarbeitsbereich	Fertigung	Zusammenbau	Lackiererei	Endmontage	Fertigproduktlager	Summe
Wareneingang		16	50								66
Holzlager				21	11						32
Zukaufteilelager						10	12		19	9	50
Zuschnitt					10	21					31
Vorarbeitsbereich				10							10
Fertigung							2				2
Zusammenbau								1			1
Lackiererei									1		1
Endmontage										1	1
Fertigproduktlager											

Abbildung 3-3: Transportmatrix für eine Yacht [Anzahl von Transporten]

In Abbildung 3-4 sind alle Materialflüsse für die Produktion einer Yacht dargestellt. Es fallen im Produktionsablauf zusätzlich noch Abfalltransporte an. Diese lassen sich in Holz- und Restmüllabfälle, die mengenmäßig jedoch sehr gering sind (ca. 1-2 mal wöchentlich), sowie in Harzabfälle gliedern. Die Harzreste die nicht mehr gebraucht werden, sind bis zur vollständigen Aushärtung, selbstentzündlich. Dadurch stellen diese eine besondere Gefahr dar und müssen somit nach jeder Verwendung aus der Produktionshalle gebracht werden und auf dem Abfallwirtschaftsplatz kontrolliert aushärten. Danach ist dieser Abfall ungefährlich und kann fachgerecht entsorgt werden. Besonders im Bereich Vorarbeit sowie in der Fertigung werden diese Harze sehr oft verwendet. Die damit verbundenen anschließenden Transporte sind im nachfolgenden **Materialflussbild** dargestellt. Dieses gibt einen guten grafischen Überblick über die wichtigsten Materialflüsse.

Blau = Materialflüsse innerhalb der Fertigung

Rot = Materialflüsse zum Abfallwirtschaftsplatz (Epoxidharz)

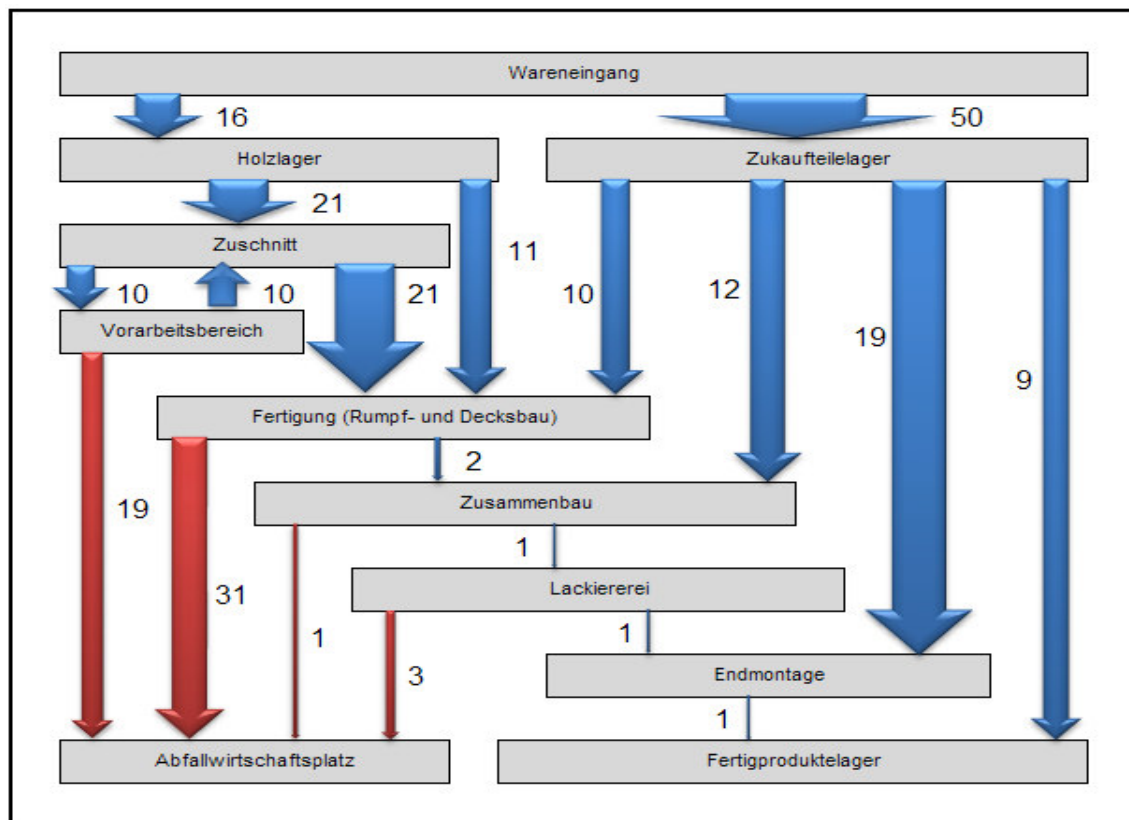


Abbildung 3-4: Anzahl der Transportbewegungen für eine Yacht

Als Abschluss der Materialflussanalyse folgt in Abbildung 3-5 die Darstellung der mengenmäßigen Transporte zu den einzelnen Fertigungsbereichen. Im Bereich Kommissionierung beispielsweise finden die mengenmäßig größten Transporte statt, anzahlmäßig sind sie jedoch mit neun Transporten pro Yacht am geringsten. Sehr gut erkennen kann man, wie sich das Gesamtgewicht von rund 2,5 t einer Yacht aus den Teilbereichen zusammenaddiert.

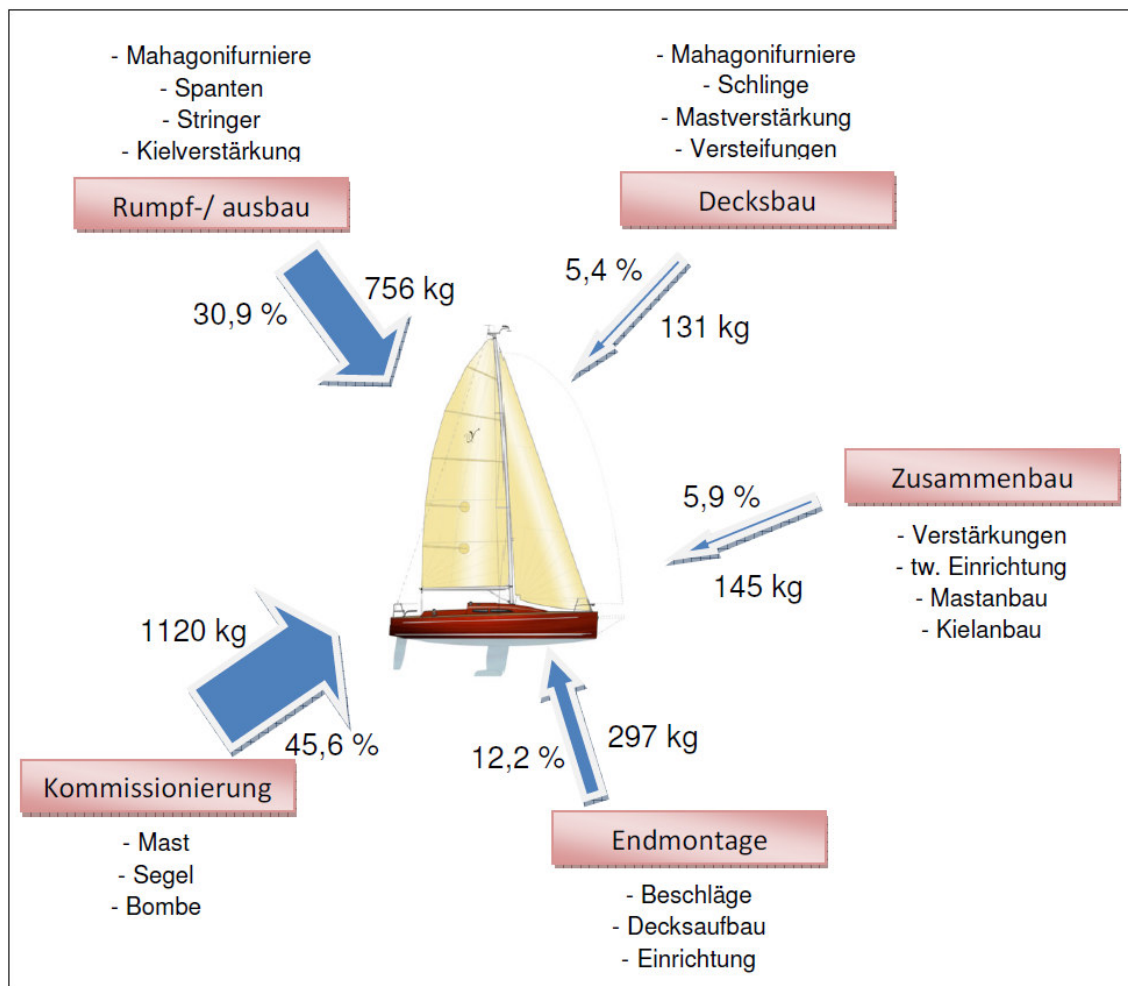


Abbildung 3-5: mengenmäßige Darstellung der einzelnen Teilbereiche

### 3.3 Materialflussplanung

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse des vorigen Kapitels in ein aussagekräftiges IDEAL-Layout überführt und die benötigten Materialflüsse optimal eingliedert.

#### 3.3.1 Zielsetzung und Vorgehensweise

Aufgabe der Materialflussplanung ist die technisch-wirtschaftliche Konzeption der Materialförder- und Lagersysteme, sowie damit verknüpft, die Planung der dazugehörigen Informationsabläufe. Die Materialflussplanung versucht, neue Zielsetzungen durch den Entwurf von IDEAL-Konzeptionen zu erreichen, die auf der IST-Zustandsanalyse aufbauen.<sup>33</sup>

Es sollen Schwachstellen vermieden werden. Die Minimierung der Kosten in allen Bereichen der Materialwirtschaft soll angestrebt werden. Weiters sollen auch

- kurze Durchlaufzeiten,
- gute Kommunikation,
- gezielter Fördermitteleinsatz und
- soziale Ziele

berücksichtigt werden.

Die Vorgehensweise der Planung ist folgende:

Im ersten Schritt wird anhand der zehn Grundsätze die einen wirtschaftlichen Materialfluss beschreiben, ein IDEALES Groblayout erstellt. Jeder Grundsatz wird durchdacht und an den geplanten Produktionsablauf angepasst. Abschließend erfolgt eine grafische Darstellung dessen.

Im zweiten Schritt wird das ideale Layout auf die realen Gegebenheiten angepasst. Es werden drei verschiedene Anordnungen (Varianten) der Produktionsbereiche

---

<sup>33</sup> Vgl. STUGGER, MITTERER (2009), S. 2-12

inklusive der Betriebsmittel, nach Durchführung der Nutzwertanalyse (siehe Kapitel 4.5 Standortauswahl anhand einer Nutzwertanalyse), skizziert und die jeweiligen Besonderheiten und Vorteile diskutiert. Diese Ausarbeitung findet sich aus Gründen der Durchgängigkeit im Kapitel 4.6 Reale Groblayoutplanung.

### 3.3.2 Entwickeln eines IDEAL-Groblayouts

Die zehn Grundsätze eines wirtschaftlichen Materialflusses:<sup>34</sup>

- (1) Gesamthafte Betrachtung des Materialflusses. Geschlossene Transportkette: Lagereinheit = Transporteinheit = Fertigungseinheit
- (2) Betrachtung des engen Zusammenhanges zwischen Förderaufgabe und Fertigungsaufgabe. Abstimmung aufeinanderfolgender Arbeitsplätze.
- (3) Geradliniger und strömungsgünstiger, nach klarer räumlicher Gliederung, gestalteter Materialfluss.
- (4) Kreuzungen und gegenläufige Transporte sind ebenso wie Wiederholungen zu vermeiden.
- (5) Nahtstellen und Umschlagstellen sind, wenn nicht vermeidbar, besonders zu beachten, beziehungsweise zu mechanisieren.
- (6) Die Wirtschaftlichkeit des Transportes ist durch kurze Wege, geringe Aufenthalte, ausgelastete Fördermittel, sowie hohe Fördergeschwindigkeit anzustreben.
- (7) Eine ausreichende Mechanisierung ist stets unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten zu betreiben (Schwerkraft nutzen!)
- (8) Transport- und Lagereinheiten sollen der Art und Umfang des Materialflusses angepasst werden. Geringe Typenanzahl von Fördergeräten wie Behältern, Paletten usw. ist anzustreben.
- (9) Die Flexibilität hinsichtlich zukünftiger Anforderungen soll angestrebt werden.

<sup>34</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 2-11

- (10) Auch Nebentransporte wie Abfall und Ausschuss, rationell und unter Beachtung der Unfallsicherheit durchführen.

Diskussion der zehn Grundsätze:

ad (1) Gesamthafte Betrachtung des Materialflusses

Die einzelnen Lagerbereiche, aufgeteilt auf Holzlager, Harz-/Lacklager, Zukaufteilelager, Fertigproduktelager sowie Hilfsmateriallager, werden alle innerhalb der Produktionshalle angeordnet. Es wird ein zentraler Zulieferbereich, von ausreichender Größe eingerichtet und die jeweiligen Anlieferungen werden dort abgeladen und direkt in die jeweiligen Lager transportiert. Die Liefermengen sowie Lieferzeiten können sehr differieren, je nach Produktionsfortschritt werden Teile angeliefert. Es ist auf stets freie Transportwege von ausreichender Größe zu achten, da die Transporteinheiten sehr unterschiedliche Maße aufweisen und es ansonsten zu unnötigen Verzögerungen beim Einlagern kommen könnte.

Brandschutzbestimmungen fordern, dass die Harze in einem eigenen, feuerfesten Raum gelagert werden. Die Hölzer müssen in einem abgesonderten Raum, der keinen großen Temperaturschwankungen unterliegt und eine möglichst konstante Luftfeuchtigkeit aufweist, gelagert werden. Die restlichen Materialien können ohne bauliche Maßnahmen gelagert werden.

Der Abfallwirtschaftsplatz befindet sich außerhalb der Betriebshalle, da die Harzabfälle einen selbstentzündlichen Sonderabfall darstellen und fachgerecht entsorgt werden müssen.

ad (2) Abstimmung aufeinanderfolgender Arbeitsplätze

Die Materialflüsse zwischen den Teilbereichen der Produktion sind in diesem Fall sehr gering. Die einzigen Bewegungen die auftreten, sind der Transport von Rumpf und Deck zum Bereich Zusammenbau, anschließend weiter zur Lackiererei, danach zur Endmontage und am Ende des Fertigungsprozesses der Transport in das Fertigproduktelager.

Die Materialbewegungen von den Lagern zur Produktion sind hingegen viel zahlreicher und auch sehr unterschiedlich.

Die Furniere können in der Produktion auf Zwischenlagerflächen, die sich neben den Arbeitstischen befinden, abgelegt werden und sind dadurch im Bedarfsfall ohne Transportaufwand sofort zur Hand. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Furniere zuvor einzeln auf Wachstumsfehler oder Beschädigung eingehend überprüft worden sind. Der Transport aus dem Lager sollte, um Beschädigungen zu vermeiden, händisch von zwei Mitarbeitern durchgeführt werden.

Die Zukaufteile befinden sich auf Paletten, die von einem Mitarbeiter im Bedarfsfall mit einem Handhubwagen ausgelagert und im entsprechenden Bereich abgestellt werden. Die leeren Paletten werden anschließend auf einem Sammelplatz gestapelt. Im Bereich der Kommissionierung müssen die angelieferten Teile sowie die Yacht auf bereitgestellte Auslieferungswagen verladen und entsprechend gesichert werden.

Die Hilfsmaterialien, sowie die Harze und Lacke werden im Bedarfsfall aus den entsprechenden Lagern in der geforderten Menge geholt, anschließend abgestellt und weiterverarbeitet.

### ad (3) Materialfluss

Das ideale Layout wäre, dass sich in der Mitte der Halle die Produktionslinie mit einem notwendigen, durchgehenden Laufkran befindet. Die Materialien können somit von zwei Seiten zugegeben werden ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Auf der einen Seite wird ein Zukaufteilelager sowie das Harz-/Lacklager eingerichtet, auf der anderen Seite der Linie das Holzlager, der Vorarbeitsbereich und der Zuschnitt angesiedelt. Diese räumliche Trennung ist möglich, da zwischen den einzelnen Lagern keinerlei Materialflüsse stattfinden.

**ad (4) Kreuzungen und gegenläufige Transporte**

Aufgrund der Größe der produzierten Yacht und um einen idealen Materialfluss ohne gegenläufige Transporte verwirklichen zu können, benötigt man auf der einen Seite die Wareneinlieferung und am besten gegenüberliegend auf der anderen Seite das Fertigproduktlager mit der Warenauslieferung. Durch diese Anordnung können Kreuzungen und gegenläufige Transporte gänzlich ausgeschlossen werden. Durch die hohe Staubentwicklung im Bereich Zuschnitt ist es jedoch vorteilhafter diesen Bereich in einer Ecke der Halle anzuordnen, da es ansonsten zu Verunreinigungen in der Lackiererei kommen könnte. Dadurch wird der geradlinige Fluss ein wenig verlegt, jedoch ist dies aus Qualitätsgründen erforderlich.

**ad (5) Nahtstellen und Umschlagstellen**

Nahtstellen sind für diese Art der Kleinserienfertigung keine vorhanden. Etwaige anfallende Umschlagvorgänge werden, sofern überhaupt notwendig, händisch erledigt. Es ist keine Automatisierung möglich und auch nicht erforderlich.

**ad (6) Wirtschaftlichkeit der Transporte**

Diese Anforderung ist durch die Ausführungen in Punkt (3) und Punkt (4) bereits beschrieben. Bei diesen Punkten wurde auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Transporte geachtet.

**ad (7) ausreichende Mechanisierungen**

Durch die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Materialgruppen aber auch innerhalb dessen (siehe beispielsweise Zukaufteile), ist eine Verbesserung der Mechanisierung von Transporten nicht möglich. Für Zukaufteile stehen Handhubwagen oder auch ein Hubstapler zur Verfügung, bei manchen Transporten ist es aus Handhabungsgründen jedoch wirtschaftlicher, wenn er händisch durch zwei Mitarbeiter erfolgt.



**ad (8) Transport- und Lagereinheiten**

Die Anlieferung der Zukaufteile von unterschiedlichen Herstellern wird auch unterschiedliche Transporteinheiten durchgeführt werden. Diese sind für die angelieferten Zukaufteile, für die anschließende Lagerung, sowie für den Transport zur Fertigung zu verwenden. Die eigenen Lagereinheiten für die Halbfabrikate aus dem Vorarbeitsbereich müssen gegebenenfalls, um Beschädigungen am Holz zu vermeiden, entsprechend mit Schaumstoffen oder ähnlichen Materialien geschützt werden.

**ad (9) Flexibilität**

Die Flexibilität ist dahingehend gewährleistet, dass besonders für das Zukaufteilelager keine fixen räumlichen Zuordnungen vorhanden sind. Das bedeutet: je nach Produktionsstadium werden unterschiedliche Teile angeliefert und diese werden nach Dauer der Lagerung platzmäßig geordnet abgestellt.

**ad (10) Nebentransporte**

Die Harzreste müssen nach jedem Gebrauch zum Aushärten auf dem Abfallwirtschaftsplatz abgestellt und nach dem Aushärten in einem Behälter gesammelt werden. Je nach Produktionsfortschritt entsteht dadurch eine unterschiedliche Anzahl von Transporten, die jedoch kein Verbesserungspotential aufweisen, da diese Entsorgung gesetzlich vorgeschrieben ist.

Die restlichen Abfälle wie Holz und Restmüll, werden in mehreren Abfallbehältern die in der Halle verteilt sind, gesammelt und nach Bedarf am Ende einer Arbeitsschicht am Abfallwirtschaftsplatz entleert.

### 3.3.3 Darstellung des IDEAL-Groblayouts

Aufbauend auf den erarbeiteten Grundsätzen wird nun ein **Transportbeziehungsschema** mit den gesamten Materialbewegungen für die Produktion abgeleitet.

Die Abbildung 3.6 zeigt das zugehörige ideale Layout (Transportbeziehungsschema). Bei einer kompletten Neuplanung der Betriebsstätte („Betriebsplanung auf der grünen Wiese“) würde diese Darstellung eine gute Planungsbasis liefern.

Aus verschiedenen Gründen ist eine Neuplanung in dieser Arbeit nicht anzustreben. Es soll das ermittelte ideale Layout in einer bereits bestehenden Betriebsstätte, die angemietet wird, möglichst optimal eingepasst werden (siehe Kapitel 4.7 Reale Groblayoutplanung).

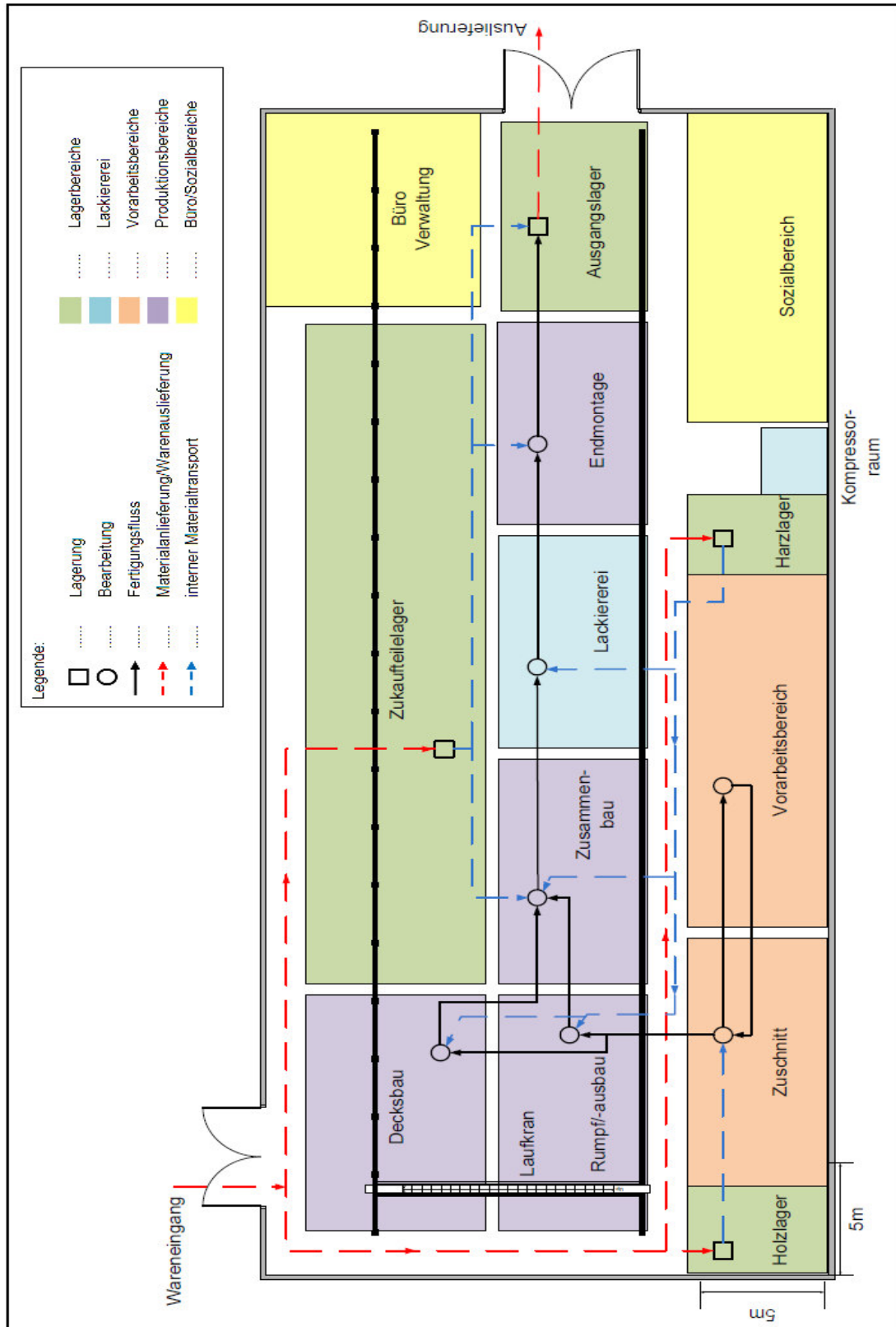


Abbildung 3-6: IDEALES Layout (Transportbeziehungsschema)

### 3.4 Förderplanung

Die Förderplanung hat die Aufgabe, durch Planung und Organisation den Erfordernissen und Verhältnissen einer Unternehmung angepasste Fördermittel einzusetzen. Die Förderaufgabe erwächst aus der Notwendigkeit, Raum zu überbrücken und muss durch den sinnvollen Einsatz von Fördermitteln und Förderhilfsmitteln erfüllt werden. Sie hängt im Allgemeinen von den Haupteinflussgrößen Fördergut, Förderstrecke, Förderort, Förderleistung und von gesetzlichen Bestimmungen ab.<sup>35</sup>

Die Auswahl der geeigneten Fördermittel spielt für einen reibungslosen Produktionsablauf eine wesentliche Rolle. Die eingesetzten Fördermittel müssen hinsichtlich mehrerer Aspekte überprüft werden. Diese sind:<sup>36</sup>

- Technische Daten (Hebeleistung, etc.)
- Eignung für die geplanten Förderleistungen
- Bedarf an Bedienungspersonal

Die Fördermittel werden unter Berücksichtigung dieser Aspekte ausgewählt und dokumentiert.

#### **Materialtransport von Anlieferung -> Lager**

Die Anlieferung der Materialien erfolgt auf Paletten (Förderhilfsmittel), die mittels Hubstaplern oder Handhubwagen von der Anlieferung direkt in die Lager oder bei Bedarf sofort zur Produktion gebracht werden. Diese Hubwagen können für alle anfallenden Transporte verwendet werden.

#### **Innerbetrieblicher Materialtransport**

Zwischen den Produktionsbereichen fallen zahlenmäßig sehr wenige Transporte an. Jedoch sind diese Transporte aufgrund der Abmessungen und Gewichte sehr anspruchsvoll.

---

<sup>35</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 2-12

<sup>36</sup> Vgl. AGGTELEKY (1982), S. 104

Im Bereich Decksbau wird ein Vakuum-Wendelifter benötigt, der das Hebegut um 180° Grad kippen kann. Das Deck muss aus der Negativform gehoben und auf der gegenüberliegenden Seite bearbeitet werden. Die Hebeleistung muss mindestens 200 kg betragen. Dieses Fördermittel wird an den Stützsäulen des Hallendaches fix montiert. Benötigt wird lediglich ein Starkstromanschluss.

Des Weiteren wird noch ein Laufkran mit einer Hebeleistung von rund fünf Tonnen benötigt. Dieser ist nötig um Rumpf und Deck aus der Form zu heben sowie in weiterer Folge die Yacht auf Hilfwagen und später auf den Auslieferungswagen zu verladen.

In der aus der Nutzwertanalyse hervorgegangenen Produktionshalle in der Wiener-Straße (siehe Kapitel 4.5 Standortauswahl anhand einer Nutzwertanalyse) befinden sich bereits zwei solcher Laufkräne mit einer Hebeleistung von jeweils 5 Tonnen. Diese sind in Abbildung 3-7 dargestellt und können weiterverwendet werden.

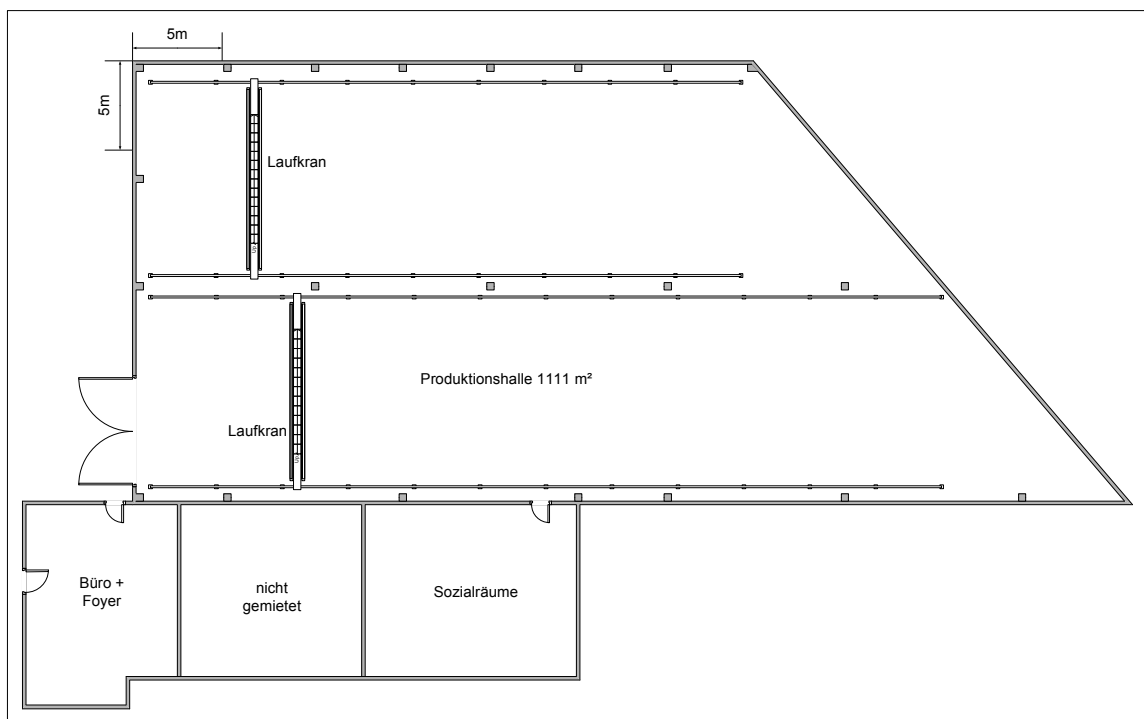


Abbildung 3-7: Laufkräne in der Produktionshalle Wiener-Straße

Für die Produktion ist noch ein spezielles Förderhilfsmittel auf der die Yacht aufgesetzt werden kann erforderlich. Dabei handelt es sich um eine Spezialanfertigung, die die Last der Yacht tragen kann und mobil ist. Eingesetzt wird dieses für den Transport von Zusammenbau in die Lackiererei und anschließend in die Endmontage. Nach der Endmontage wird die Yacht mit Hilfe des Laufkrans auf einen Auslieferungsanhänger verladen und die fehlenden Teile hinzu kommissioniert.

Eine weitere Optimierung der Fördermittel ist aufgrund der großen unterschiedlichen Abmessungen und daraus resultierenden schwierigen Handhabung der einzelnen Bauteile nicht mehr möglich. Aufgrund der geringen Stückzahlen ist dies aber ausreichend.

### 3.5 Lagerplanung

Lager sind in der allgemeinsten Form als Puffer zu bezeichnen, welche die Aufgabe haben, Unterschiede in der zeitlichen, quantitativen und qualitativen Struktur der Input- und Output-Ströme auszugleichen. Folgende drei Aspekte sind von Bedeutung:<sup>37</sup>

- (1) **Technikaspekt:** optimale Gestaltung, Ausrüstung und Organisation des Lagers
- (2) **Organisationsaspekt:** optimale Bemessung der Lagerkapazität
- (3) **Dispositionaspekt:** optimale Festlegung der Frequenzen und der Art der Ein- und Auslagerung

#### ad (1) **Technikaspekt**

Dieser Aspekt ist hier von ganz besonderer Bedeutung.

Das Harz-/Lacklager benötigt aufgrund gesetzlicher Bestimmungen bauliche Maßnahmen (siehe Kapitel 4.2 und 4.3). Das Lager muss ein eigener, feuerfester Raum sein, da ansonsten die Lagerung nicht gestattet ist.

---

<sup>37</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 2-15

Das Holzlager sollte im Idealfall ebenfalls ein eigener klimatisierter Raum, mit möglichst konstanter Luftfeuchtigkeit sein. Die Begründung liegt darin, dass das Holz bei der Verarbeitung eine Mindestfeuchte von 10% aufweisen muss. Nur diese Maßnahme erlaubt eine gleichbleibende Holzqualität. Für den Fall dass kein eigener Raum zur Verfügung steht, sollten die Lieferfrequenzen erhöht werden. Durch diesen Schritt liegt das Holz kürzer auf Lager. Weiters sollte sich das Lager eher dezentral, weit weg von Hallenöffnungen und Bereichen mit starkem Durchzug befinden, um qualitative Verschlechterungen zu vermeiden.

Das Zukaufteilelager inklusive Hilfsmateriallager benötigt keinerlei bauliche Maßnahmen. Das Lager wird als Palettenregallager mit drei Etagen geplant und die Organisation sollte so aufgebaut sein, dass die Teile keine unnötigen Lagerbewegungen erfordern und möglichst kurze Auslagerungszeiten erreichen. Das Fertigproduktelager stellt eigentlich nur eine ausreichend dimensionierte Abstellfläche dar. Die einzige Anforderung ist, dass der Laufkran in die Lagerfläche hineinlangt um die Yacht für den Abtransport auf den bereitgestellten Auslieferungswagen verladen zu können.

Generell kann gesagt werden, dass die Lagerwirtschaft nach dem FIFO-Prinzip<sup>38</sup> (First in – First out) gehalten werden sollte. Im Bereich Zukaufteilelager kann man von flexibler Zuordnung ausgehen. Die Einlagerung erfolgt, indem die angelieferten Teile entsprechend ihrer weiteren Verarbeitung, sofern dieser Zeitpunkt abschätzbar ist, nahe dem Bereich indem diese verbaut, abgestellt werden.

In jedem Bereich der Fertigung sind auch kleine Zwischenlagerflächen vorhanden. Diese sind nötig, da in der Fertigung immer wieder kleine nicht kalkulierbare Verzögerungen vorkommen können. Es ist für jeden Bereich eine gewisse Fläche dafür eingeplant. Sollte diese Fläche manchmal nicht ausreichend sein, kann auch ein kleiner Teil der ausreichend dimensionierten Wegflächen, unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften für beispielsweise Fluchtwege, etc., kurzzeitig mitverwendet werden.

---

<sup>38</sup> WEBER (1999), S. 310

### ad (2) Organisationsaspekt

Zum gegebenen Zeitpunkt ist die Abschätzung der tatsächlichen Lagerfläche nicht einfach durchzuführen.

Das Epoxidharzsystem, bestehend aus Harz und Härter gibt es in verschiedenen Packungsgrößen. Die benötigte Menge pro Yacht beträgt ca. 54,5 kg. Daher ist es ausreichend 2 Kits zu je 38,6 kg zu ordern. Die benötigte Fläche inklusive der Lacke, Zusatzmittel, Lösungsmittel, usw., lässt sich daraus abschätzen.

Die Abmessung einer Furnierholzpalette, auf der sich immer Furniere aus genau einem Stamm befinden, beträgt ca. 3\*1m. Davon ausgehend kann man den theoretischen Flächenbedarf ermitteln. Des Weiteren wird vorab eine Auswahl der Furniere vorgenommen, indem die besonders ansehnlichen Stücke auf einem Wandregal gesammelt und für die Lamellierung der sichtbaren Flächen (Außen- und Innenhaut) je nach Bedarf entnommen werden.

Beim Zukaufteilelager ist die Abschätzung komplizierter, da je nach Produktionsfortschritt, das Lager unterschiedlich ausgelastet sein wird. Deshalb wird nach Absprache mit Herrn DI Riedl, von einer Stellfläche mit rund 150 m<sup>2</sup> ausgegangen. Um kürzere Transportwege zu erreichen, wird das Lager aufgesplittert auf die Bereiche Zusammenbau und Endmontage. Der Aufbau ist jedoch bei beiden Bereichen vollkommen ident.

Lager	Stellfläche	Bemerkung
Harz-/Lacklager	5 * 2,5 = 12,5 m <sup>2</sup>	Feuerfester Raum
Holzlager	5 * 5 = 25 m <sup>2</sup>	-
Zukaufteilelager	30 * 6 = 180 m <sup>2</sup>	inkl. Hilfsmateriallager
Fertigproduktelager	12 * 4 = 48 m <sup>2</sup>	zugleich Kommissionierbereich

Tabelle 3-1: Flächenbedarfsabschätzung Lager

In obiger Flächenbedarfsabschätzung sind die einzelnen Weganteile und Rangierflächen für Hubstapler oder Handhubwagen bereits mitberücksichtigt.

### ad (3) Dispositionsaspekt

Die Einlagerung erfolgt für alle Lager mit Hilfe von Hubstaplern, Hubwagen oder gegebenenfalls auch händisch.



Die Auslagerung erfolgt nicht in bestimmten Frequenzen sondern nach Bedarf. Dadurch kann es je nach Produktionsfortschritt zu einer unterschiedlichen Anzahl von Transportbewegungen kommen.

Die Auslagerung wird im Bereich Holz- und Hilfsmateriallager händisch geschehen. Im Zukaufteilelager erfolgt dies mit Hubwagen, Hubstaplern oder bei Bauteilen mit komplexen Abmessungen und geringen Massen auch händisch.

## 4 Betriebsstättenplanung

In diesem Kapitel wird nun aus den definierten Rahmenbedingungen eine geeignete Betriebsstätte anhand einer Nutzwertanalyse gesucht und ausgewählt sowie anschließend der Produktionsablauf mit den zugehörigen Materialflüssen optimal eingegliedert.

### 4.1 Vorbereitung der Planung

Der Beginn dieses Kapitel umfasst eine kurze Erläuterung der theoretischen Grundlagen sowie die Umlegung dessen auf die realen Gegebenheiten.

#### 4.1.1 Begriffe und Zielsetzung

Unter einer Betriebsstätte ist der Ort der Durchführung betrieblicher Aufgaben zu verstehen. Sie ist ein Makro-Arbeitssystem, das im Allgemeinen aus einer größeren Anzahl räumlich zusammengefasster Mikro-Arbeitssysteme besteht.<sup>39</sup>

Die Betriebsstätte besteht demnach aus einem Betriebsgelände, den darauf befindlichen Bauwerken und Anlagen zur Leistungserstellung mit sämtlichen Versorgungs-, Entsorgungs-, Verkehrs-, Park- und Außenanlagen. Ziel ist es, diese vorhin genannten Anlagen in bestmöglichen Einklang zu bringen, um einen reibungsfreien Produktionsablauf gewährleisten zu können.<sup>40</sup>

Unter Betriebsstättenplanung ist die am Arbeitsablauf orientierte Planung des räumlichen Aufbaus und der Einrichtung von Betrieben einschließlich aller Nebenanlagen zu verstehen.<sup>41</sup>

---

<sup>39</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 145

<sup>40</sup> Vgl. REFA (1991), Teil 6, S. 145

<sup>41</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 146

Die Zielsetzung der Betriebsstättenplanung kann mit der Schaffung:

- eines günstigeren Produktions- bzw. Fertigungsflusses,
- von menschengerechten Arbeitsbedingungen,
- einer guten Flächen- und Raumausnutzung sowie
- einer hohen Flexibilität der Bauten, Anlagen und Einrichtungen

zusammengefasst werden.<sup>42</sup>

Die vorhin genannte Zielsetzung betrifft natürlich auch diese Betriebsstättenplanung, jedoch gilt es in diesem Fall, eine neue Produktionslinie in eine bereits vorhandene Betriebsstätte zu integrieren. Eine Vorgabe ist, dass auf die existenten Gegebenheiten, wie beispielsweise bereits installierte Fördermittel, angebrachte Energieversorgungsanlagen, usw. Rücksicht genommen werden soll und diese wenn möglich erhalten und übernommen werden.

Weiters ist es von Vorteil, wenn man die Betriebsstättenplanung strukturiert. Man gliedert die Planung in zwei Punkte:

- nach **Aspekten** und
- nach **Teilsystemen (Module)**<sup>43</sup>.

Unter Aspekten der Betriebsstätte versteht man zum Beispiel die Energieversorgung, Druckluftversorgung, den Materialfluss oder die Fördermittel. Teilsysteme oder Module sind beispielsweise Fertigung, Montage, Lackiererei, usw. Die Teilsysteme können nahezu unabhängig voneinander gestaltet werden, sie können auch ausgetauscht werden ohne das Gesamtsystem zu verändern.

---

<sup>42</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 5-1

<sup>43</sup> Vgl. KOETHER (2001), S. 19ff.

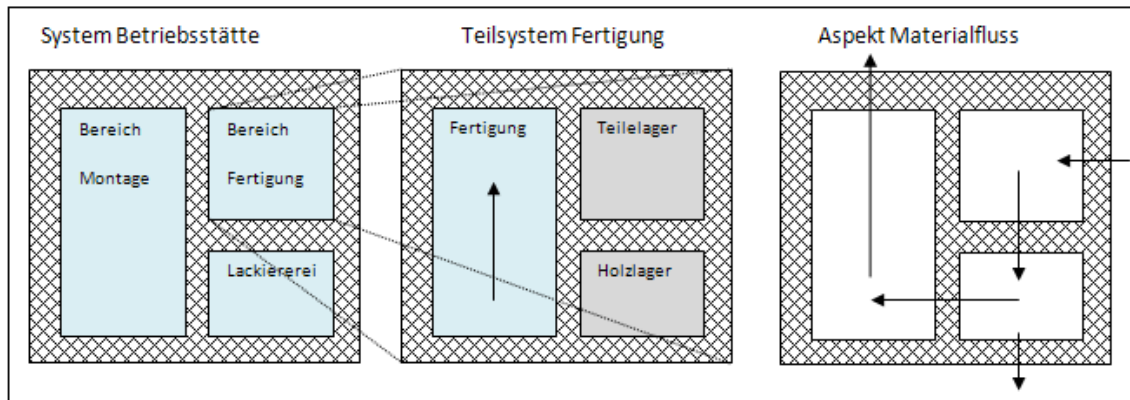


Abbildung 4-1: Strukturierung einer Betriebsstätte<sup>44</sup>

### 4.1.2 Planungsphasen

Zur Unterstützung kann die Betriebsstättenplanung weiters in die folgenden fünf Planungsphasen unterteilt werden:

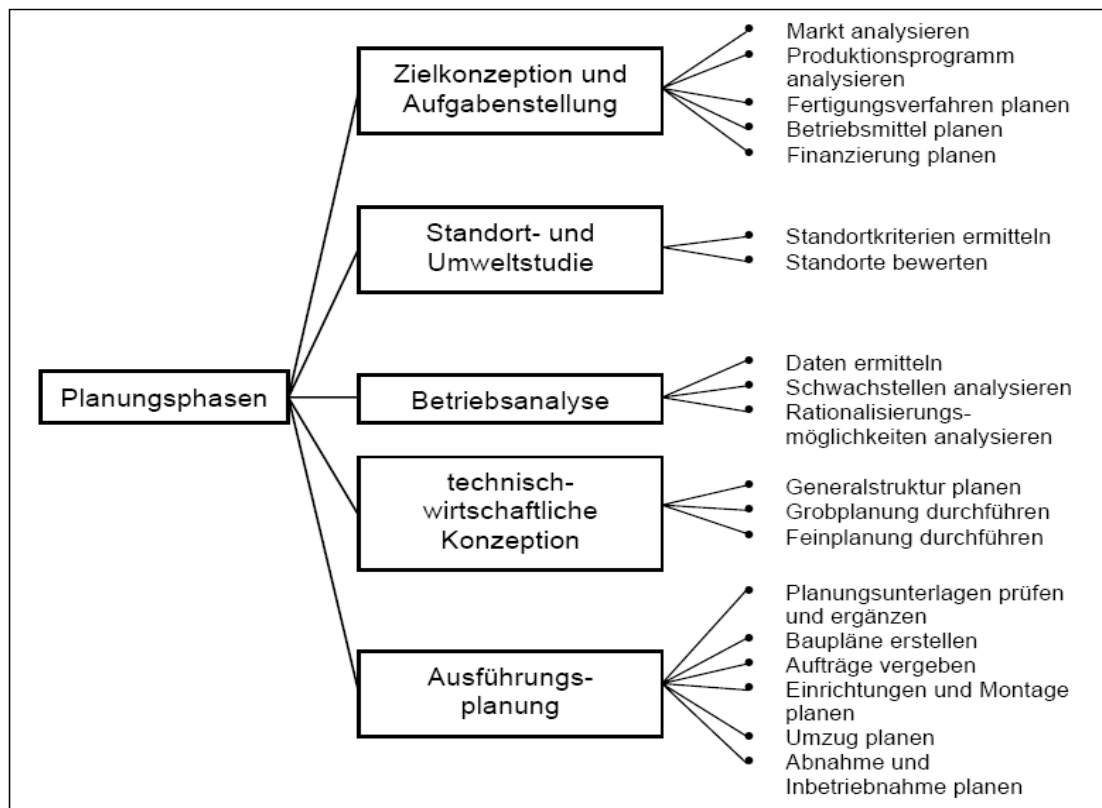


Abbildung 4-2: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung<sup>45</sup>

<sup>44</sup> KOETHER (2001), S. 20

<sup>45</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 151

### Zielkonzeption und Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung wurde bereits im Eingangskapitel erläutert und die Ziele wurden im vorigen Unterkapitel aufgezeigt. Im Kapitel 2 wurde das Produktionsprogramm durchleuchtet sowie eine Betriebsmittelanalyse durchgeführt.

### Standort- und Umweltstudie

Bei einer Standortbestimmung müssen die Vorstellungen und Vorgaben der Planung mit den örtlichen Gegebenheiten und Möglichkeiten abgestimmt und die optimalste Lösung gesucht werden. Je nach Aufgabenstellung sind unterschiedliche Kriterien für eine Standortauswahl (mittels Nutzwertanalyse), wie zum Beispiel regionale, kommunale, technische und wirtschaftliche Kriterien maßgebend. Die auf diesen Kriterien aufbauende Nutzwertanalyse wird durchgeführt und daraus der ideale Standort ermittelt.

### Betriebsanalyse

Die auf einer Ist-Analyse basierende Betriebsanalyse wurde im Kapitel 2 Produktionsprozessanalyse, mit anschließender Personalplanung sowie Betriebsmittelplanung, bereits durchgeführt.

### technisch-wirtschaftliche Konzeption<sup>46</sup>

Diese beschreibt das Vorgehen bei der Gestaltung des Planungsobjektes und setzt sich aus der Generalstrukturplanung, der Grobplanung sowie der Feinplanung zusammen.

Die Generalstrukturplanung dient der Aufgabe, aus den vorangegangenen Planungsphasen die Ideallösungen zu ermitteln und anzupassen.

Der erste grobe Schritt zu einer konkreten räumlichen Gestaltung bildet die Grobplanung. Meistens werden mehrere Varianten ausgearbeitet, von denen dann zwei oder drei weiter bearbeitet werden.

Die Feinplanung ist ein grafischer Übersichtsplan, in dem alle Bereiche, wie technische, wirtschaftliche, rechtliche und bauliche Aspekte, abgeklärt sind.

---

<sup>46</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 151

### Ausführungsplanung<sup>47</sup>

In der Ausführungsplanung werden die gesetzlichen Vorgaben für die Inbetriebnahme einer Produktionshalle, eventuelle Endabnahmeprüfungen für Maschinen, Umweltbescheinigungen für die Verwendung von gefährlichen Materialien, usw. durchleuchtet.

#### 4.1.3 Planungskategorien und Prinzipien

Bei der Betriebsstättenplanung sind folgende Planungskategorien zu unterscheiden:<sup>48</sup>

- Die Neuplanung von Betriebsstätten („auf der grünen Wiese“) und
- Die Umplanung von bestehenden Betriebsstätten zur Anpassung an veränderte Leistungsprogramme durch Erweiterung, Umstellung oder auch Einschränkung (Schrumpfung).

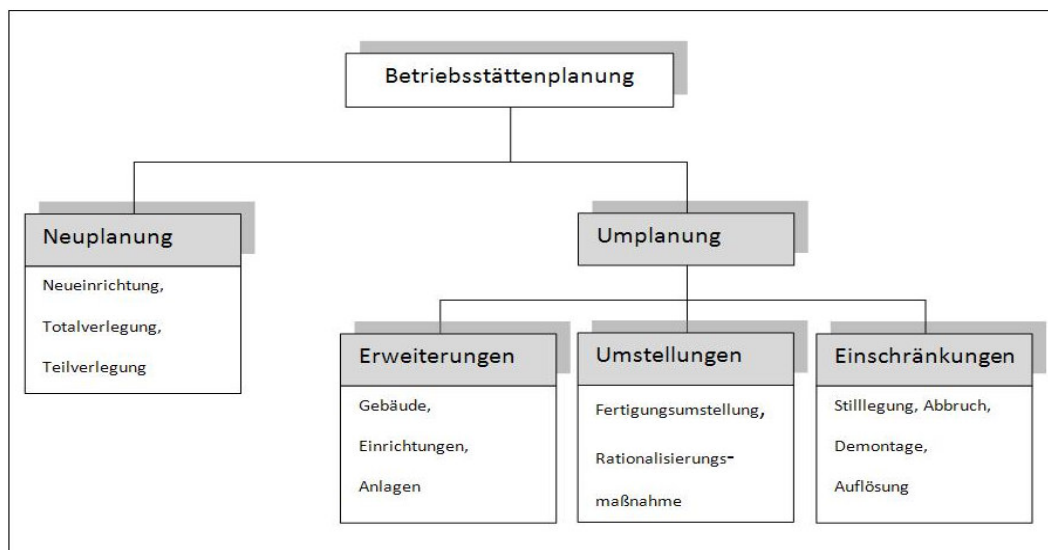


Abbildung 4-3: Planungskategorien der Betriebsstättenplanung<sup>49</sup>

In dieser Arbeit handelt es sich jedoch um eine Kombination von beiden oben genannten Planungskategorien, da wie eingangs erwähnt eine neue Produktionslinie in eine bestehende, angemietete Produktionshalle eingebettet werden soll. Die

<sup>47</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 151

<sup>48</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 149

<sup>49</sup> REFA (1991), Teil 6, S. 149

Auswahl der geeigneten Halle hängt von einigen Kriterien ab, die in einer Nutzwertanalyse noch erarbeitet, gewichtet und bewertet werden müssen.

Bei der Betriebsstättenplanung sollten folgende Planungsprinzipien beachtet werden:<sup>50</sup>

- Die Planung sollte vom kleinsten Element (Arbeitsplatz) ausgehen. Sie sollte andererseits auch bereits den Forderungen des Generalbebauungsplans entsprechen, der den Rahmen der Detailoptimierungen vorgibt.
- Der Baukörper sollte möglichst variabel gehalten sein. Kleinere Strukturveränderungen infolge neuer Randbedingungen dürfen noch nicht zur gänzlichen Neuplanung führen.
- Der Werkskomplex sollte generell erweiterungsfähig sein.
- Einheitliche Materialflussrichtung, möglichst ohne Kreuzungen und Rückläufe.
- Möglichst keine (kurze) Transporte zwischen den Arbeitsplätzen.
- Flexible Anlagen und Einrichtungen, anpassungsfähig an Erzeugnisvarianten oder Erzeugnisänderungen bei minimalen Kosten.
- Kontinuierliche Nutzung der Anlagen und Einrichtungen ohne Engpässe und Leerlauf.

Diese Prinzipien müssen jeweils an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, da auf bestehende Zustände wie zum Beispiel Grundstücksgrenzen, Raumflächen, Fußbodenbelastungen, Fundamente und eventuell bereits vorhandenen Fördermitteln Rücksicht genommen werden soll.

Die systematische Planung wird auch durch Regeln ergänzt, die besonders dem Schritt „Planen“ gelten.<sup>51</sup>

- Planen heißt an Alternativen denken
- Vom Idealplan zum Realplan
- Vom Groben zum Feinen
- Vom Allgemeinen zum Speziellen.

---

<sup>50</sup> STUGGER, MITTERER (2009), S. 5-2

<sup>51</sup> KOETHER (2001), S. 29

## 4.2 Allgemeine Umweltbestimmungen

Dieses Kapitel fasst wichtige Merkmale in Bezug auf

- die Lagerung/Verwendung/Entsorgung von gefährlichen Betriebsstoffen
- den Betrieb einer Lackieranlage
- den Einsatz von holzbearbeitenden Maschinen, usw.

zusammen. Es soll Herrn DI Riedl bei der Realisierung und Inbetriebnahme der zukünftigen Betriebsstätte unterstützen. Im ersten Schritt werden allgemeine Vorgaben und Bestimmungen die Einfluss auf die Betriebsstätte haben, zusammengefasst.

### **Umweltmerkblatt für holzbearbeitende Betriebe (Auszug):<sup>52</sup>**

#### Lagerung von Lacken, Lösungsmitteln, Chemikalien, usw.: (Seite 2)

Diese Stoffe müssen so gelagert werden, dass bei einem Ausfließen von Flüssigkeit keine Verunreinigung von Boden oder Grundwasser möglich ist. Dazu ist entweder der Boden der Lagerräume selbst als dichte Wanne auszubilden oder eine gesonderte Auffangwanne vorzusehen. Die Wanne muss gegen das Lagergut beständig sein und mindestens das Volumen des größten Einzelgebindes vollständig aufnehmen können.

#### Holzbehandlung mit Chemikalien: (Seite 2)

Bei der Holzbehandlung muss darauf geachtet werden, dass die Chemikalien weder in die Kanalisation noch in Boden oder Grundwasser gelangen können. Das behandelte Holz darf erst dann auf unbefestigtem Boden manipuliert und gelagert werden, wenn keine Chemikalien mehr abtropfen können.

---

<sup>52</sup> Vgl. WKO: Umweltmerkblatt für holzbearbeitende Betriebe, Wien 2005, [http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?AngID=1&StID=184420&DstID=0&titel=Umweltmerkblatt,f%C3%BCr,Holz,bearbeitende,Betriebe](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=184420&DstID=0&titel=Umweltmerkblatt,f%C3%BCr,Holz,bearbeitende,Betriebe), Zugriffsdatum 21.10.2009



Lackreste, Lackfilter, Harzreste, Lösungsmittelreste etc.: (Seite 3)

Diese Abfälle müssen fachgerecht entsorgt werden. Nach Rücksprache mit einem Abfallsammler sollten die Abfälle im Betrieb getrennt erfasst werden. Ausgehärtete Lackreste und ausgehärtete Harz- oder Kleberreste sind in der Regel keine gefährlichen Abfälle!

Zu- und Abluftanlagen: (Seite 3)

Lüftungsleitungen sollten möglichst wenig im Freien geführt werden, da ein massiver Baukörper die Lärmemissionen am besten dämpft. Im Freien verlaufende Rohrleitungen sollten mit lärmdämmenden Materialien isoliert werden. Zu- und Abluftöffnungen sollten so situiert sein, dass möglichst wenig Beeinträchtigung für die Nachbarschaft gegeben ist. Erforderlichenfalls kann der Lärm von Lüftungsanlagen auch durch den Einbau von Schalldämpfern verringert werden.

Lackieranlage: (Seite 4)

Beim Lackieren werden Lackstaub und Lösungsmittel emittiert. Die VOC-Anlagenverordnung<sup>53</sup> enthält entsprechende Grenzwerte. Lackstaub kann mit Wäschern oder Trockenfiltern aus der Abluft entfernt werden (Emissionsgrenzwert für Neuanlagen von 3 mg/m<sup>3</sup>). Die erlaubte Lösungsmittelkonzentration in der Abluft ist abhängig vom Lösungsmittelverbrauch pro Jahr. Dabei sind folgende Lösungsmittelverbräuche zu berücksichtigen:

- Lösungsmittel im verwendeten Lack (auch in Wasserlacken)
- Lösungsmittel zum Verdünnen von Lack
- Lösungsmittel zum Reinigen von Geräten wie beispielsweise Spritzpistolen

Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen muss die Abluft aus der Lackieranlage über Dach abgeführt werden, wobei Wohnhäuser im Umkreis von 50 m um 5 m überragt werden sollen. Bei der Planung der Lüftungsanlagen ist auf die Einhaltung der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) für die im Lack enthaltenen Lösungsmittel und auf den Explosionsschutz zu achten.

---

<sup>53</sup> Vgl. BM für Wirtschaft u. Arbeit: VOC – Anlagenverordnung – VAV, Wien 2002, <http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/8296>, Zugriffsdatum 21.10.2009

Maschinenabsaugungen: (Seite 4)

In diesen Abluftströmen ist Holzstaub enthalten. Zur Entstaubung sind für Neuanlagen nach dem Stand der Technik Gewebefilter nötig, mit Zyklonen lassen sich feine Holzstäube nicht ausreichend abscheiden. Hartholzstaub gilt als krebserregend. Für die Arbeitsplatzbelastung durch Holzstaub sind die TRK-Werte (Harthölzer) einzuhalten. Eine beispielhafte Liste von Harthölzern ist in der Grenzwertverordnung 2003 enthalten. Bei einem Hartholzanteil von über 10% an der jährlichen Fertigungsmenge ist ein Umluftbetrieb nur in Ausnahmefällen gestattet.

Die Staubbelastung im Betrieb muss durch eine regelmäßige Reinigung mit geeigneten Staubsaugern und regelmäßige Wartung der Absaug- und Filteranlagen möglichst niedrig gehalten werden.

Lüftung für Lack- und Chemikalienlager: (Seite 4)

In diesen Lagerräumen ist ein ausreichender Luftaustausch erforderlich, um die Ansammlung gefährlicher Dämpfe zu vermeiden. Falls keine ausreichende natürliche Belüftung möglich ist (innenliegende Lagerräume, Lagerräume in Kellergeschossen), muss eine mechanische Lüftung vorgesehen werden. Sicherheitsdatenblätter enthalten Hinweise auf spezielle Anforderungen bei der Lagerung.

Brandschutz für Lackieranlage und Lackabfälle: (Seite 1)

Der Lackierraum muss nach den behördlichen Auflagen mit explosionsgeschützten Anlagen und Elektroinstallationen ausgestattet werden. Lackvorräte und -abfälle müssen außerhalb des Lackierraumes gelagert werden. Im Lackierraum darf nur der Tagesbedarf an Lacken und Lösungsmitteln vorhanden sein. Abfälle von Papier und Tüchern, die mit Lacken, Harzen, Firnissen etc. getränkt sind, müssen in nicht brennbaren Behältern (Metall) mit dicht schließendem Deckel aufbewahrt werden, da sie sich sonst selbst entzünden könnten.

Abfallbeseitigung: (Seite 5)

Abfälle aus Lackieranlagen, von Chemikalien, von Epoxidharzen, usw. sind oft gefährlicher Abfall. Der Landeshauptmann teilt einem Betrieb, der den Anfall gefährlicher Abfälle meldet, eine Abfallerzeugernummer/Identifikationsnummer zu. Bei der Entsorgung durch befugte Abfallsammler sind Begleitscheine erforderlich. Die Erstellung und Handhabung solcher Begleitscheine ist in der „Rechtsvorschrift für Abfallnachweisverordnung 2003<sup>54</sup>“ festgehalten.

### **4.3 Detaillierte gesetzliche Auflagen für die Betriebsstätte**

Dieses Kapitel liefert nun konkrete Vorgaben, Maßnahmen, Grenzwerte, usw., die laut Gesetzgeber einzuhalten sind. Man findet zu jedem Punkt den Verweis auf den gesamten Gesetzestext/Verordnung und man kann bei eventuellen Unklarheiten nachschlagen. Anschließend wird auf gesetzlich vorgeschriebene Prüfungen der verwendeten Arbeitsmittel eingegangen. Im letzten Punkt wird dann konkret auf die zu errichtende Betriebsstätte eingegangen und die Maßnahmen zum korrekten Betrieb dieser dokumentiert.

#### **4.3.1 Gefährliche Betriebsstoffe**

##### **Einrichtung eines Lagers für gefährliche Betriebsstoffe<sup>55</sup>**

Grundsätzlich wird empfohlen jedes zu errichtende Lager einem Bewilligungsverfahren zu unterziehen, da neben den Arbeitnehmerschutzbestimmungen auch umweltrechtliche Kriterien zu beachten sind. Um ein Lager für gefährliche Arbeitsstoffe zu errichten, sind sowohl eine baubehördliche, als auch eine gewerberechtliche Einreichung erforderlich. Eine Betriebsbewilligung nach dem § 74 der Gewerbeordnung 1994 ist notwendig, wenn Leben und Gesundheit von

---

<sup>54</sup> Bundeskanzleramt Ö: Rechtsvorschrift für Abfallnachweisverordnung, Wien 2003  
<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003119>, Zugriffsdatum 22.10.2009

<sup>55</sup> Allgemeine Unfallversicherungsanstalt: Sicherheitsinformation für wasserlösliche Farben & Lacke M303, Wien 2005  
[http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125863\\_M303\\_0.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125863_M303_0.pdf), Zugriffsdatum 23.10.2009

Menschen gefährdet werden. In Zweifelsfällen hat die Behörde auf Antrag des Inhabers zu prüfen und durch Bescheid festzustellen (siehe § 348 der Gewerbeordnung 1994), ob eine Betriebsbewilligung erforderlich ist.

#### Bauliche Maßnahmen:

- Lagerraum so situieren, dass er von der Feuerwehr leicht erreicht wird (zB: an einer Außenwand) und dass unter Beachtung der getroffenen Schutzmaßnahmen keine Brandübertragung zu erwarten ist
- Brandbeständige Bauweise, Türen zumindest brandhemmend
- Wärmedämmung aus nicht brennbarem Material oder aus schwer brennbarem Material mit nicht brennbarer Verkleidung
- Dichter Boden, den jeweiligen mechanischen und chemischen Erfordernissen anpassen
- Boden mit leichtem Gefälle zu Stellen, wo allmählich auslaufendes Lagergut frühzeitig entdeckt und aufgenommen werden kann
- Keine Bodenabläufe
- Auffangwannen für flüssige Chemikalien: dicht, gegen die gelagerten Chemikalien beständig, einsehbar und durchlüftet.
- Das Lager mit entsprechenden Warnzeichen kennzeichnen
- Der Lagerraum muss eine gute und den Verhältnissen angepasste ständige Belüftung aufweisen

#### Zusätzliche Maßnahmen:

- Aus dem aktuellen EG-Sicherheitsdatenblatt der verwendeten gefährlichen Betriebsstoffe ist eine entsprechende Unterweisung zu erstellen
- Liste der eingelagerten Arbeitsstoffe (Lagermenge, Lagerort, Gefährdung) erstellen

### **Verwendung von gefährlichen Betriebsstoffen<sup>56</sup>**

Der Inhaber einer Betriebsanlage hat gemäß Bundesgesetzblatt 301. Verordnung § 1 Z 2 einmal jährlich eine Lösungsmittelbilanz zu erstellen oder erstellen zu lassen. Aus dieser hat mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 20\%$  hervorzugehen, welche Menge an organischen Lösungsmitteln als solche oder als Bestandteil von Zubereitungen eingekauft wurde, auf Lager liegt, in den Produktionsprozess Eingang gefunden hat, als Abfall behandelt worden ist und welche Menge an organischen Lösungsmitteln emittiert wurde. Ergibt die Lösungsmittelbilanz eine Überschreitung des für die VOC-Anlage genannten Schwellenwertes, für den jährlichen Lösungsmittelverbrauch, so ist die Behörde davon unverzüglich in Kenntnis zu setzen.

### **Entsorgung gefährlicher Betriebsstoffe**

Jeder Betrieb ist als „Abfallerzeuger“ verpflichtet, Aufzeichnungen über den gesamten anfallenden Abfall zu führen und den Anfall gefährlicher Abfälle innerhalb eines Monats nach Aufnahme der Tätigkeit an den Landeshauptmann zu melden.

#### **4.3.2 Lackieranlagenverordnung (VOC-Anlagenverordnung)**

Im „Leitfaden für Holzbeschichtung, Lösungsmittelbilanz und Reduktionsplan nach der VOC-Anlagen-Verordnung“ (VAV)<sup>57</sup> sind die genauen Bestimmungen und Verordnungen zusammengefasst. Demzufolge benötigt man für eine Lackieranlage, wenn der Tagesverbrauch der gesamten Lösungsmittel (Lacke, Harze, Reinigungslösungsmittel, usw.) unter 15 kg/Tag oder 2000 kg/Jahr liegt keine Abluftreinigung. In der hier vorhandenen Lackieranlage werden diese Grenzwerte, sofern keine signifikante Produktionssteigerung eintritt, nicht überschritten werden. Es handelt sich dadurch um eine „einfache Lackieranlage“ und die VOC-Anlagenverordnung ist außer Kraft gesetzt.

---

<sup>56</sup> Bundeskanzleramt Ö: Rechtsvorschrift für Abfallnachweisverordnung, Wien 2003  
<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003119>, Zugriffsdatum 22.10.2009

<sup>57</sup> BM für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft: Leitfaden für VOC-Anlagenverordnung Wien 2007, <http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/8297>, Zugriffsdatum 21.10.2009

### 4.3.3 Absauganlagen und Lärmbestimmungen für Maschinen

#### Absauganlagen für holzbearbeitende Maschinen

Die genauen Werte, Vorschriften, usw. für Absauganlagen, findet man in der „Grenzwerteverordnung 2003<sup>58</sup>“.

#### Lärmbestimmung und Bekämpfung

Die gesetzlichen Grenzwerte die holzbearbeitende Maschinen maximal erreichen dürfen, sind im Merkblatt „Lärmbekämpfung in Holzverarbeitungs-Betrieben M580“<sup>59</sup> zusammengefasst. In diesem Merkblatt sind die maximal erlaubten Dezibel Werte der einzelnen Maschinen dokumentiert und diese dürfen laut Gesetz nicht überschritten werden.

### 4.3.4 Prüfungen für die eingesetzten Arbeitsmittel

Die Verwendung von Arbeitsmitteln, wie beispielsweise Krane, Hubstapler, etc. ist nur gestattet, wenn diese die „Prüfpflichten der Arbeitsmittelverordnung“ erfüllen. Es gibt hierzu Abnahmeprüfungen sowie auch immer wiederkehrende periodisch vorgeschriebene Prüfungen.

Eine Auflistung der zu prüfenden Arbeitsmittel, sowie die Art der Prüfung findet man unter „[www.arbeitsinspektion.gv.at](http://www.arbeitsinspektion.gv.at)“<sup>60</sup>.

---

<sup>58</sup> BM für Wirtschaft und Arbeit: Grenzwerteverordnung, Wien 2007,  
<http://www.arbeitsinspektion.gv.at/gkv/gkv.htm>, Zugriffsdatum 21.10.2009

<sup>59</sup> Allgemeine Unfallversicherungsanstalt: Lärmbekämpfung in Holzverarbeitungsbetrieben, Wien 2005  
[http://www.auva.at/mediaDB/MMDB127803\\_M580.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB127803_M580.pdf), Zugriffsdatum 21.10.2009

<sup>60</sup> BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Prüfliste AMVO, Wien 2006,  
[http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/CB51A0EF-A5F1-490A-9E49-AC7C2DFE2E27/0/Pruefliste\\_AMVO.pdf](http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/CB51A0EF-A5F1-490A-9E49-AC7C2DFE2E27/0/Pruefliste_AMVO.pdf), Zugriffsdatum 23.10.2009

Allgemeine Informationen der Arbeitsmittel-Verordnung sind unter „[www.arbeitsinspektion.gv.at](http://www.arbeitsinspektion.gv.at)“<sup>61</sup> zusammengefasst.

#### **4.3.5 Umlegung der Vorschriften auf die geplante Betriebsstätte**

Die gefundenen Vorschriften und gesetzlichen Auflagen werden nun auf die geplante Betriebsstätte umgelegt und dokumentiert. Es wird ebenfalls festgehalten, welche Verordnungen außer Kraft gesetzt sind, weil beispielsweise die dafür notwendige Menge Harz in diesem Betrieb (noch) nicht verarbeitet wird.

#### **Lagerung/Verwendung/Entsorgung von gefährlichen Betriebsstoffen**

Die günstige Anordnung des Harz- und Lacklagers wird in allen Varianten der Real-Groblayoutplanung (siehe Kapitel 4.7) vorhanden sein. Zu beachten ist, dass die Wände sowie die Tür eine brandbeständige Bauweise aufweisen. Es müssen Auffangbehälter, die mindestens die Größe des größten Einzelgebundes aufweisen, installiert werden. Der Boden muss versiegelt werden, sodass im Falle eines Auslaufens von Flüssigkeiten keine Verseuchung des Untergrundes eintritt.

Bei der Verwendung von gefährlichen Betriebsstoffen ist auf die gesetzlichen Vorschriften des Arbeitnehmerschutzes zu achten. Darunter fällt beispielsweise die Verwendung passender Schutzkleidung, Sicherheitshandschuhe, Schutzbrillen, etc.

Bei der Entsorgung der Epoxidharze sowie der Lackreste ist zu beachten, dass diese in einem nichtzugänglichen Bereich, außerhalb der Betriebsstätte vollständig aushärten müssen. Danach sind die Abfälle als ungefährlich eingestuft und müssen durch einen Abfallentsorger, mit den entsprechenden Begleitscheinen entsorgt werden.

---

<sup>61</sup> BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Arbeitsmittelverordnung, Wien 2006, [http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/659254EB-AA85-495E-A47A-81533FAD557F/0/amvo\\_br.pdf](http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/659254EB-AA85-495E-A47A-81533FAD557F/0/amvo_br.pdf), Zugriffsdatum 23.10.2009

Ebenfalls zu beachten ist, dass man vollständige und aktuelle Aufzeichnungen über den Kauf, die Verwendung, sowie die Entsorgung der gefährlichen Betriebsstoffe dokumentiert. Diese sind in regelmäßigen Abständen an die zuständige Landesbehörde zu übermitteln.

Seit 1. Juni 2007 gibt es eine EU-Chemikalienverordnung, die sogenannte REACH-Verordnung. Diese beinhaltet die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien. Die Epoxidharze sind in dieser Verordnung erwähnt, jedoch tritt diese erst ab einem jährlichen Bezug von 1 Tonne Harz in Kraft.

### **Betrieb einer Lackieranlage**

Die Abnahme einer Lackieranlage erfolgt durch einen bestellten Sachverständigen. In diesem Fall handelt es sich wie oben erwähnt, aufgrund der geringen Mengen an verbrauchten Lösungsmitteln, um eine „einfache Lackieranlage“ und dadurch ist auch keine Luftfilterungsanlage nötig.

### **Absauganlagen für holzbearbeitende Maschinen**

Die Filteranlagen dürfen max. 0,2 mg/m<sup>3</sup> Reststaubgehalt aufweisen und müssen entweder im Freien oder in einem vom Arbeitsraum zumindest brandhemmend getrennten Raum untergebracht sein. Die Eignung von Filtermaterial und Filteranlage ist grundsätzlich durch eine staubtechnische Prüfung nachzuweisen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die in der Grenzwertverordnung 2007 § 19 Abs. 4 Z 1 und 2 GKV 2001<sup>62</sup> angeführten Konzentration des Holzstaubes in der ausgestoßenen Luft unterschritten sind. Der Nachweis kann wie folgt erbracht werden:

- Abnahmemessung und jährliche Messung im Reinluftkanal (nach dem Filter) oder
- einmalige Prüfung der Filtermaterialien oder Filteranlage durch eine Prüfstelle.

---

<sup>62</sup> BM für Wirtschaft und Arbeit: Grenzwertverordnung, Wien 2007, <http://www.arbeitsinspektion.gv.at/gkv/gkv.htm>, Zugriffsdatum 21.10.09



**Prüfungen der eingesetzten Arbeitsmittel**

In diesem Betrieb sind folgende Arbeitsmittel durch Ziviltechniker, Technische Büros oder Prüf- und Überwachungsstellen zu prüfen:

- Laufkräne
- Vakuum-Wendelifter
- Hubstapler
- Halleneinfahrtstor
- holzbearbeitende Maschinen

## 4.4 Betriebsmittelplanung

Unter Betriebsmitteln versteht man alle Anlagen, Maschinen und sonstige Geräte, die in der Produktion zur Erbringung der betrieblichen Leistung direkt oder indirekt eingesetzt werden. Die Gliederung der Betriebsmittel erfolgt in:<sup>63</sup>

- Ver- und Entsorgungsanlagen
- Fertigungsmittel
- Meß- und Prüfmittel
- Fördermittel
- Lagermittel
- Innenausstattung

In der Betriebsmittelplanung wird der gesamte Produktionsablauf, strukturiert in den einzelnen Teilschritten, durchgearbeitet und die jeweils benötigten Betriebsmittel aufgezeichnet.

### **Betriebsmittelbedarf**

Vorab ist zu erwähnen, dass es sich in diesem Fall um Betriebsmittel handelt, die allesamt je nach Produktionsfortschritt nur im Bedarfsfall in Betrieb sind. Es handelt sich besonders bei den holzbearbeitenden Fertigungsmitteln durchwegs um Mehrzweckmaschinen für die allgemeine Verwendung, die eine vielfältige Einsetzbarkeit für variable Aufgaben aufweisen. Aufgrund dessen variiert die Verwendung der einzelnen Fertigungsmittel und somit die Einsatzzeiten, je nach Produktionsfortschritt sehr stark. Betriebsmittelberechnungen bezüglich Quantität, Zeiten, Kosten, usw. sind daher in dieser Arbeit nicht relevant.

Die Betriebsmittelplanung soll lediglich die einzelnen Anlagen aufzeigen, die für die Fertigung benötigt werden. Aufbauend auf den Erhebungen aus dem Prototypenbau, sowie aus Interviews und Beobachtungen, soll in weiterer Folge eine durchdachte

---

<sup>63</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 339

Anordnung der eingesetzten Betriebsmittel (siehe Kapitel 4.8 Feinlayoutplanung) durchgeführt werden.

#### ad **Ver- und Entsorgungsanlagen**)

Dies sind Mittel, die als unmittelbare Voraussetzung zur Nutzung der Fertigungs-, Meß- und Prüf-, Förder-, Lager-, der Innenausstattung oder der Beseitigung von Abfallstoffen dienen.<sup>64</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Stromverteilungsanlage</b>	1	bereits vorhanden (siehe Kapitel 4.5)
<b>Pressluftverteilungsanlage</b>	1	bereits vorhanden (siehe Kapitel 4.5)
<b>Kompressoranlage</b>	1	-
<b>Abluftanlage</b>	1	für CNC-Bearbeitungszentrum
<b>Problemstoffsammelanlage</b>	1	für Harz- und Lackreste

Tabelle 4-1: Betriebsmittelplanung Ver- und Entsorgungsanlagen

#### ad **Fertigungsmittel**)

Darunter versteht man Mittel zur direkten oder indirekten Form-, Substanz- oder Fertigungszustandsänderung mechanischer bzw. chemisch-physikalischer Art.<sup>65</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>CNC-Bearbeitungszentrum</b>	1	Arbeitsbereich 4m*1,25m*0,3m (laut Hr. DI Riedl)
<b>Furniersäge</b>	1	Schnittlänge ca. 3m (laut Hr. DI Riedl)
<b>Breitband-</b>		
<b>Feinschleifmaschine</b>	1	-
<b>Vakuumpumpe</b>	3	-
<b>Harzanmischanlage</b>	1	-
<b>Tempermaschine</b>	1	-
<b>Lackieranlage</b>	1	-
<b>Handkreissäge</b>	2	-
<b>Bohrmaschine</b>	4	-

<sup>64</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

<sup>65</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

<b>Stempelpresse</b>	1	für Vorarbeitsbereich
<b>Handschleifmaschine</b>	4	mit Druckluftbetrieb

Tabelle 4-2: Betriebsmittelplanung Fertigungsmittel

ad Meß- und Prüfmittel)

Dies sind Mittel, die bei der Durchführung von Fertigungsaufgaben zum Prüfen von Maßhaltigkeit, Funktion, Beschaffenheit und besonderen Eigenschaften dienen.<sup>66</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Maßband</b>	4	Länge min. 10m
<b>Wasserwaage</b>	4	-
<b>Schiebelehre</b>	4	-
<b>Winkelmessgerät</b>	4	-

Tabelle 4-3: Betriebsmittelplanung Meß- und Prüfmittel

ad **Fördermittel**)

Fördermittel sind Mittel zur Orts- und Lageveränderung von Material, Erzeugnissen und anderen Gegenständen.<sup>67</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Laufkran</b>	1	bereits vorhanden (siehe Kapitel 4.5)
<b>Vakuum- Wendelifter</b>	1	für Decksbau
<b>Handhubwagen</b>	2	-
<b>Hubstapler</b>	1	-
<b>Transportwagen für Yacht</b>	1	Eigenanfertigung für innerbetrieblichen Transport
<b>Auslieferungswagen für Yacht</b>	1	Eigenanfertigung für Auslieferung (je fertiger Yacht)
<b>Lagerbehälter</b>	5	für Halbfabrikate

Tabelle 4-4: Betriebsmittelplanung Fördermittel

<sup>66</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

<sup>67</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

ad **Lagermittel**)

Das sind Mittel zum Abstellen und Aufbewahren von Material, Erzeugnissen und anderen Gegenständen.<sup>68</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Regale für Holzlagerung</b>	1	Abmessung: 4*0,5m mit 6 Ebenen *)
<b>Auffangbehälter für Harz- und Lacklagerung</b>	2	für Harz- und Lacklagerraum
<b>Regale für Zukaufteile</b>	3	Abmessungen rund 15*2m mit 3 Ebenen **)
<b>Regale für Furnierzwischenlagerung</b>	2	Im Bereich Decks- und Rumpfbau (Abmessungen 4*0,5m mit 3 Ebenen *)
<b>Regale für Kleinwerkzeug und Zubehör</b>	12	Abmessungen 1*1m **)

Tabelle 4-5: Betriebsmittelplanung Lagermittel

ad **Innenausstattung**)

Darin versteht man Mittel, die zur Nutzung und Sicherung der Grundstücke und Gebäude oder zum Durchführen betrieblicher Aufgaben bestimmt sind und keiner anderen Kategorie in ihrer Funktion zugeordnet werden können.<sup>69</sup>

<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Feuerschutzeinrichtung</b>	1	für Harz- /Lacklager
<b>Arbeitstische groß</b>	5	Abmessungen 5*2m **)
<b>Arbeitstische klein</b>	5	Abmessungen 3*2m **)
<b>div. Abfallbehälter</b>	6	-

Tabelle 4-6: Betriebsmittelplanung Innenausstattung

\*) Erläuterung:

Die Abmessungen beziehen sich auf die Länge (ca. 3,5m) und die Breite (ca. 0,3m) eines Mahagonifurniers. 6 Ebenen ergeben sich aus den notwendigen Ablageflächen für 2 Lagen Rumpf, 2 Lagen Deck und 2 Lagen Seitendeck.

\*\*\*) Erläuterung:

Die Abmessungen entstanden durch Abschätzung anhand des Prototypenbaus sowie durch Absprache mit Herrn DI Riedl.

<sup>68</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

<sup>69</sup> REFA (1991), Teil 2, S. 340

## 4.5 Flächenbedarfsermittlung

Der Flächenbedarf wird durch Synthese der Teilflächen<sup>70</sup>, bei der vom Ist-Zustand (in diesem Fall vom Prototypenbau) ausgegangen wird, ermittelt. Die Ausgangsdaten können von den Ergebnissen der Betriebsanalyse übernommen und weiterverarbeitet werden. Die Anwendung dieser Methode begründet sich dadurch, dass es sich in diesem Fall um einen speziellen Betriebsbereich handelt, wofür keine Vergleichs- oder Erfahrungswerte vorliegen. Jeder Teilbereich der Fertigung wird gesondert betrachtet und aufgrund von Beobachtungen aus dem Prototypenbau und Interviews wird der erforderliche Flächenbedarf für die Bereiche, mit Anordnung der benötigten Betriebs- und Hilfsmittel, ermittelt und aufgezeichnet.

Die Fläche ergibt sich aus der Summe von:<sup>71</sup>

- Hauptarbeitsfläche (Größe der Negativformen, Rumpfgröße)
- + Nebenarbeitsfläche
- + Hilfsgeräte inkl. Bedienungsfläche (zB.: Harzmischmaschine, Vakuumpumpe)
- + Weganteil
- + Materialablagen
- + Werkzeugablagen
- + Abfallbehälter
- + 5% Zuschlag für Ungenauigkeiten

---

**=  $\sum$  Flächenbedarf je Betriebsbereich [m<sup>2</sup>]**

Die Planung des Flächenbedarfs geschieht im Vorfeld aus den Erkenntnissen des Prototypenbaus sowie durch Befragungen. Aufgrund dessen wird, nach Diskussion mit Herrn DI Riedl, ein Ungenauigkeitsfaktor von fünf Prozent hinzu kalkuliert.

---

<sup>70</sup> Vgl. AGGTELEKY (1982), S. 573

<sup>71</sup> AGGTELEKY (1982), S. 573

Die obige Berechnung gilt allerdings nicht für die Lagerbereiche des Betriebes. Diese setzen sich zusammen aus:<sup>72</sup>

$$\begin{aligned}
 & \text{Lagerfläche} \\
 & + \text{Bedienungsfläche} \\
 & + \text{Weganteil} \\
 \hline
 & = \sum \text{Flächenbedarf je Lager [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Die einzelnen Betriebsbereiche für die eine detaillierte Flächenbedarfsermittlung durchgeführt wird sind in Tabelle 4-7 ersichtlich.

Die Flächenbedarfsermittlung wurde im **Anhang 5** durchgeführt.

Flächenbedarfsermittlung Zusammenfassung		
lfd. Nr.	Bereich	Flächenbedarf [m <sup>2</sup> ]
1	Harz-/ Lacklager	12,5
2	Holzlager	25
3	Zukaufteilelager	180
4	Zuschnitt (Kapitel 4.5.1)	157
5	Vorarbeitsbereich	73,0
6	Rumpf-/ ausbau	82,0
7	Decksbau	95,1
8	Zusammenbau	70,9
9	Endmontage	70,9
10	Lackiererei	62,5
11	Fertigproduktelager	48
Summe:		876,8

Tabelle 4-7: Flächenbedarfsermittlung Zusammenfassung

Die Berechnung des Flächenbedarfs für den Bereich Zuschnitt, indem alle holzbearbeitenden Maschinen angesiedelt sind, erfolgt mit einer Methode, die besonders für die Ermittlung von Maschinenstellflächen eingesetzt wird.

<sup>72</sup> AGGTELEKY (1982), S. 574

## Flächenbedarf der holzbearbeitenden Fertigungsmittel

Die Ermittlung der benötigten Fläche basiert auf der „Methode oder funktionalen Flächenermittlung“ die besonders für Klein- und Mittelbetriebe geeignet ist.<sup>73</sup>

Die Werkstattfläche berechnet sich aus den Teilflächen:

$$F = F_F + F_{ZL} + F_T + F_Z \text{ [m}^2\text{]}$$

**Formel 1: Werkstattfläche<sup>74</sup>**

$F_F$  ... Fertigungsfläche

$F_{ZL}$  ... Zwischenlagerfläche

$F_T$  ... Transportfläche

$F_Z$  ... Zusatzfläche

Die Bezugsbasis für die Berechnung ist die Fertigungsfläche  $F_F$ , die anderen Teilflächen ergeben sich aus prozentualen Zuschlägen. Die Fertigungsfläche  $F_F$  berechnet sich aus der Summe aller eingesetzten Maschinen.

$$F_F = \sum F_{MA} \text{ [m}^2\text{]}$$

**Formel 2: Fertigungsfläche<sup>75</sup>**

$F_{MA}$  = Maschinenarbeitsplatzfläche

Die Maschinenarbeitsplatzfläche  $F_{MA}$  ist definiert aus der Maschinengrundfläche  $F_{MG}$  zuzüglich Bedien-, Wartungs- und Sicherheitsflächen (siehe Abbildung 4-4).

Die Zuschläge ergeben sich aus:

$Z_1$  ... Zuschlagsmaß für Bedienung und Sicherheit ( $Z_1 = 1m$ )

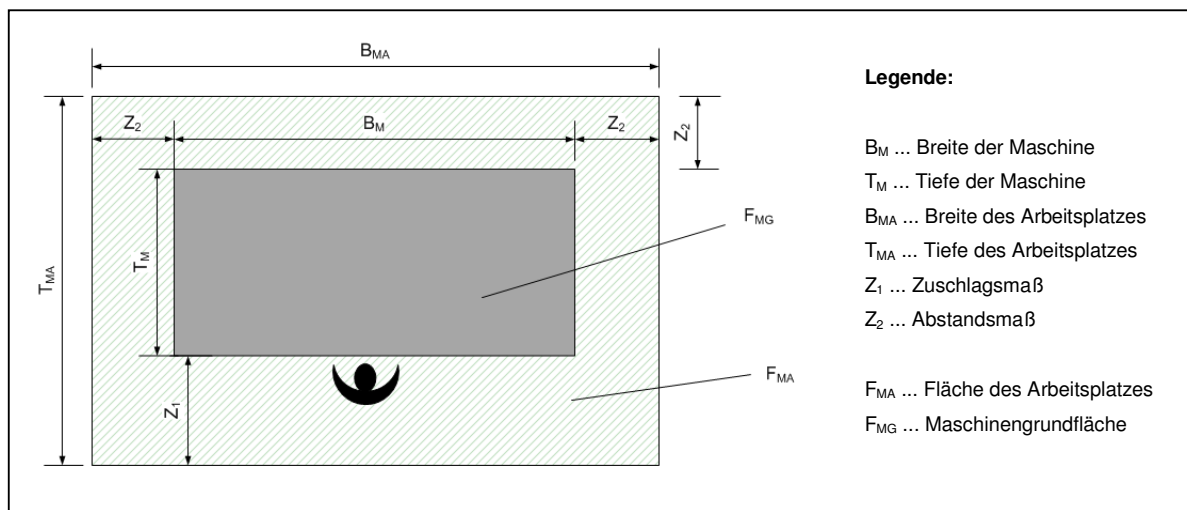
$Z_2$  ... Abstandsmaß für Wartung ( $Z_2 = 0,4m$ )

<sup>73</sup> Vgl. GRUNDIG (2009), S. 103ff

<sup>74</sup> GRUNDIG (2009), S. 103

<sup>75</sup> GRUNDIG (2009), S. 104



Abbildung 4-4: Struktur der Maschinenarbeitsfläche<sup>76</sup>

Die prozentuellen Zuschläge für die weiteren Teilflächen ergeben sich aus:

$$F_{ZL} = 40\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_T = 40\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_Z = 20\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

Danach kann die Werkstattfläche wie folgt ermittelt werden:

$$F = \sum F_{MA} + F_{ZL} + F_T + F_Z \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{oder } F = F_F + 0,4 F_F + 0,4 F_F + 0,2 F_F$$

**Formel 3: ermittelte Werkstattfläche<sup>77</sup>**

Die Flächenermittlung erfolgt mit allen im Produktionsprozess erforderlichen holzbearbeitenden Fertigungsmitteln. In der Anfangsphase der Produktion wird eine CNC-Maschine aus Kostengründen allerdings noch nicht verfügbar sein. Diese wird

<sup>76</sup> GRUNDIG (2009), S. 105

<sup>77</sup> GRUNDIG (2009), S. 105

aber dennoch mitberücksichtigt, da eventuell die Anschaffung erfolgen wird und dadurch die Fläche miteinkalkuliert werden muss.

Flächenbedarfsermittlung							
Nr.	Maschinenbezeichnung	Maschinengrundfläche $F_{MG}$			Zuschläge		Gesamt
		Breite [m]	Länge [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Breite [m]	Länge [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]
1	CNC - Maschine	10	4	40	0,8	1,4	58,3
2	Furniersäge	4	1,2	4,8	0,8	1,4	12,5
3	Schleifmaschine	1,4	1,5	2,1	0,8	2	7,7
Gesamtfläche $F_f =$							78,5

Zuschlagsberechnungen:		Gesamtfläche $F_f$ [m <sup>2</sup> ]
		78,5
Zwischenlagerfläche $F_{ZL}$	40%	31,4
Transportfläche $F_T$	40%	31,4
Zusatzfläche $F_Z$	20%	15,7
<b>Gesamtfläche für Bereich Zuschnitt =</b>		<b>157 m<sup>2</sup></b>

Abbildung 4-5: Flächenbedarfsermittlung der Fertigungsmittel

Abbildung 4-5 liefert den notwendigen Flächenbedarf für den Bereich Zuschnitt. Inklusive aller Zuschlagsflächen beläuft sich die benötigte Fläche auf 157m<sup>2</sup>. Für den Fall, dass die Anschaffung einer CNC-Maschine nicht erfolgt, verringert sich die notwendige Fläche auf 40,4m<sup>2</sup>.

In der weiteren Planung wird allerdings davon ausgegangen, dass alle für die Fertigung notwendigen Betriebsmittel vorhanden sind.

## 4.6 Standortauswahl für die Betriebsstätte

Für die vorgesehene Produktion stehen vier vorhandene Betriebshallen von unterschiedlicher Größe und Ausstattung zur Auswahl. In diesem Kapitel wird anhand einer Nutzwertanalyse die beste Halle für die geplante Kleinserienproduktion ermittelt.

### 4.6.1 Generelles zur Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist eine Planungsmethode zur Entscheidungshilfe bei der Auswahl komplexer Projektalternativen, besonders wenn dabei wesentliche, aber nicht quantifizierbare Entscheidungskriterien zu berücksichtigen sind. Mit Hilfe der Nutzwertanalyse lässt sich die Zweckmäßigkeit eines Projektes gegenüber anderen konkurrierenden Alternativen durch einen Zahlenwert ausdrücken (=Nutzwert). Dieser Nutzwert ist aber keinesfalls direkt als Ertragsgröße zu verstehen, sondern ist dimensionslos und kann nur in Hinblick auf das entsprechende Ziel- und Bewertungssystem verstanden werden.<sup>78</sup>

#### Durchführung einer Nutzwertanalyse.<sup>79</sup>

1. Formulierung der Bewertungskriterien (Zielanalyse): Dabei werden die für die Bewertung relevanten Zielkriterien ermittelt und in einer gestuften Ziellinienhierarchie dargestellt.
2. Gewichtung der Teilziele: Diese ist der zahlenmäßige Ausdruck für die Bedeutung der Zielkriterien zueinander. Man unterscheidet dabei Knoten- und Stufengewichte. Das Stufengewicht eines Subzieles ergibt sich aus der Multiplikation des Knotengewichtes des Subzieles mit dem Stufengewicht des Oberzieles.
3. Bewertung der Alternativen hinsichtlich ihrer Erfüllung der Teilziele: Dabei empfiehlt es sich, die Eigenschaften der einzelnen Projektalternativen für die spätere Reproduzierbarkeit tabellarisch zu beschreiben.

---

<sup>78</sup> Vgl. ZANGEMEISTER (1976), S. 45ff.

<sup>79</sup> Vgl. ZANGEMEISTER (1976), S. 45ff.

4. Ermittlung der Teilnutzwerte: Diese erfolgt durch Multiplikation der Stufengewichte der niedrigsten Hierarchieebene mit den festgelegten Bewertungspunkten.
5. Ermittlung des Gesamtnutzwertes durch Addition der Teilnutzwerte und Erstellen einer Rangordnung der Alternativen.

#### 4.6.2 Mögliche Produktionsstätten

Die folgenden Produktionsstätten stehen zum gegebenen Zeitpunkt zur Verfügung und würden sich für die Produktion eignen. Als Entscheidungshilfe wird nun eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Zum besseren Verständnis werden die möglichen Hallen vorab grafisch dargestellt.

##### 1. Produktionshalle ehem. Wintergartenhalle

Die Produktionshalle befindet sich im Süden von Graz in einer guten Lage zur Autobahn. Die Halle besitzt eine Produktionsfläche von 400m<sup>2</sup>. Die Büro und Sozialräume sind in einem guten Zustand und ausreichend vorhanden. Erweiterungsmöglichkeiten sind nur durch einen Zubau möglich. Abbildung 4-6 zeigt das Layout der Halle.

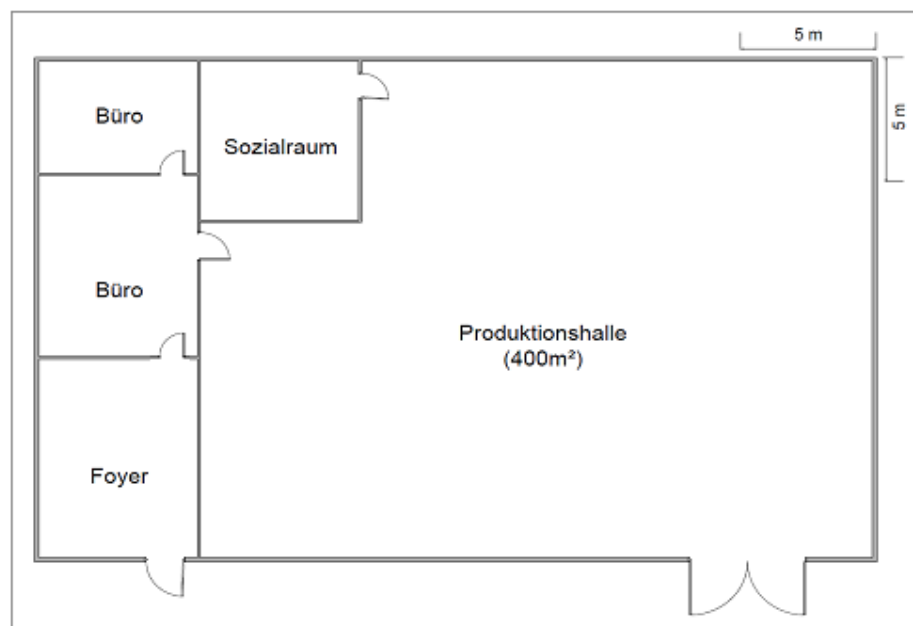


Abbildung 4-6: Produktionshalle ehem. Wintergartenhalle

## 2. Produktionshalle Wiener-Straße

Die Produktionshalle weist eine Fläche von rund 1111m<sup>2</sup> auf. Die gebotene Fläche kann allerdings aufgeteilt, und im Bedarfsfall stückweise weiter angemietet werden. Die Besonderheiten hier sind, dass sich bereits zwei Laufkräne mit einer Hebeleistung von 5 t in der Halle befinden. Die Büro und Sozialräume sind leicht erreichbar und können auch separat angemietet werden. Abbildung 4-7 zeigt die Produktionshalle.

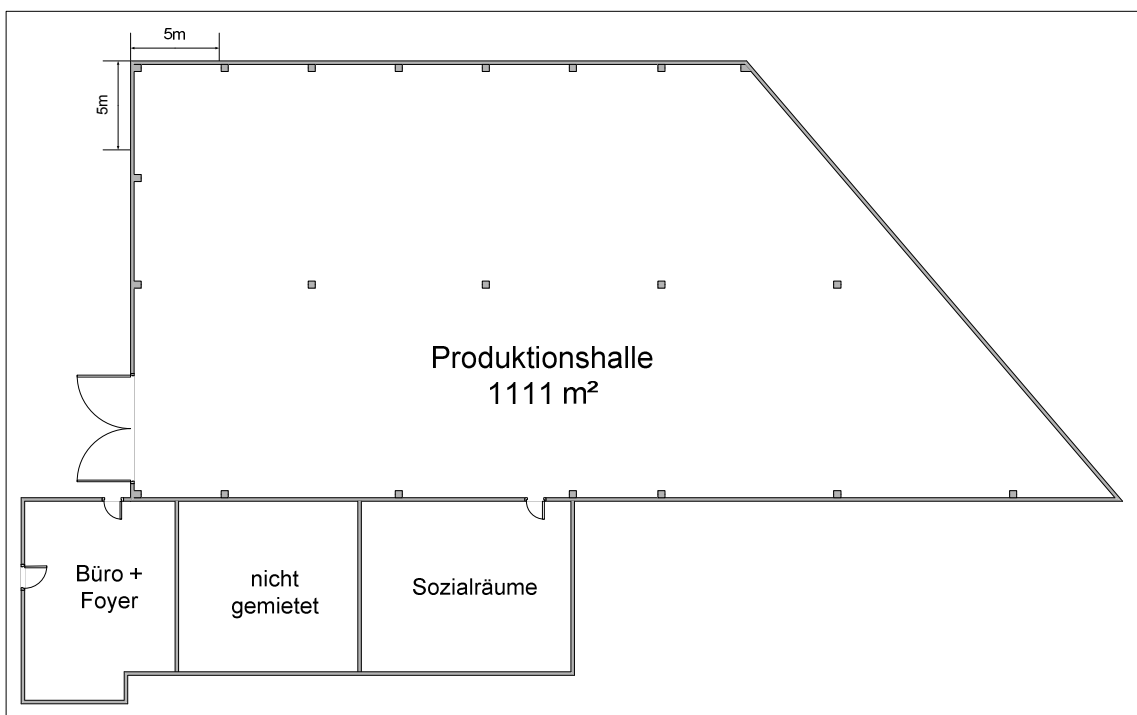


Abbildung 4-7: Produktionshalle Wiener-Straße

## 3. Produktionshalle Gradnerstraße 120-124

Die Produktionshalle befindet sich in unmittelbarer Nähe der Autobahn und ist dadurch bestens erreichbar. Die Halle hat eine Fläche von 1500m<sup>2</sup> die auch einfach teilbar sind. Eine Zentralheizung ist vorhanden. Die Büroflächen sind allerdings nicht direkt von der Halle aus zugänglich. Abbildung 4-8 zeigt das Layout.

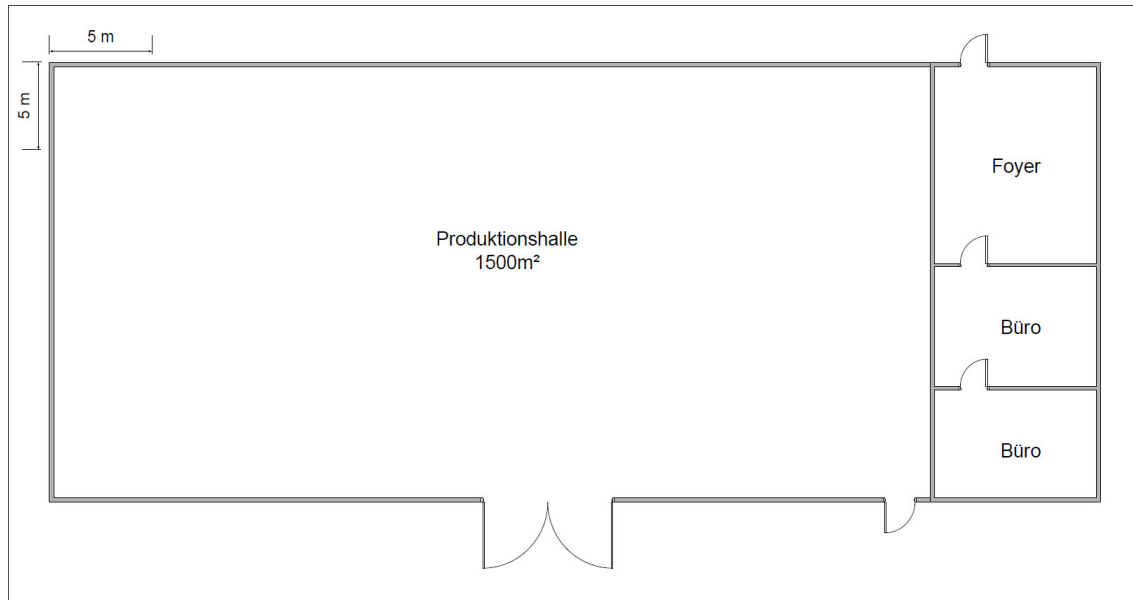


Abbildung 4-8: Produktionshalle Gradnerstraße 120-124

#### 4. Produktionshalle Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg

Die Halle besitzt eine Fläche von 757m<sup>2</sup> und eine direkt angebaute Lagerfläche von rund 1000m<sup>2</sup>. Die Sozialräume sind in der Lagerhalle integriert und werden nur zusammen mit dieser vermietet. Die Büros sind leicht zugänglich und die Verkehrsanbindung ist durch die unmittelbare Nähe zur Autobahn sehr gut.

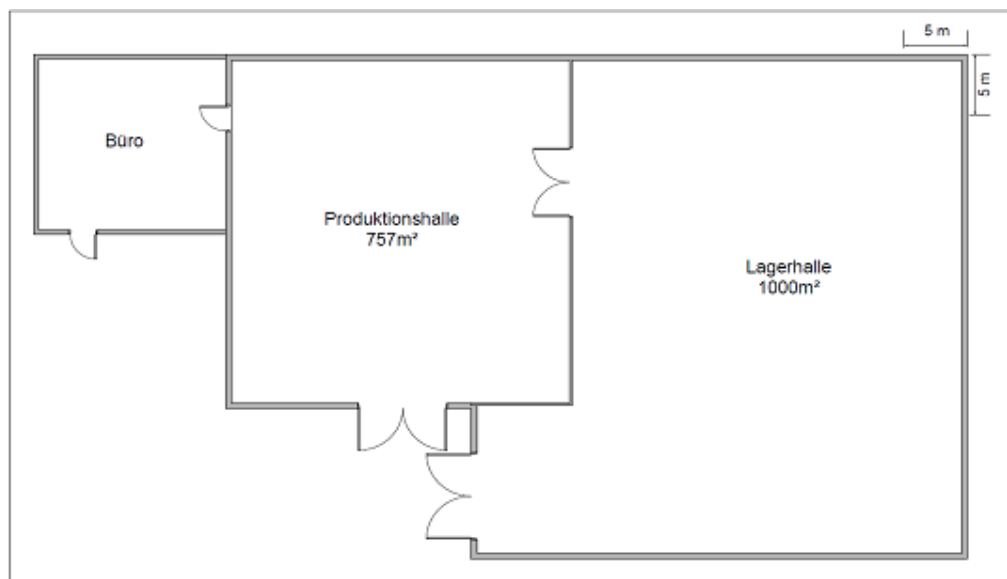


Abbildung 4-9: Produktionshalle Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg

### 4.6.3 Formulierung und Gewichtung der Bewertungskriterien

Die in Abbildung 4-11 gezeigten Kriterien wurden mit Herrn DI Riedl abgesprochen und anschließend gewichtet. Die Kriterien wurden in drei Gruppen eingeteilt, wobei die Realisierbarkeit an oberster Stelle steht.

In den Hallen befinden sich teilweise bereits diverse Anschlüsse, Fördermittel, Raumabteilungen, usw., die man durch geringe Adaption weiterverwenden kann. Diese bereits vorhandenen Einrichtungen sollen nach Möglichkeit aus Kostengründen bestehen bleiben. Aufgrund dessen bilden diese ein Kriterium für die Nutzwertanalyse.

Kriterien für Nutzwertanalyse:

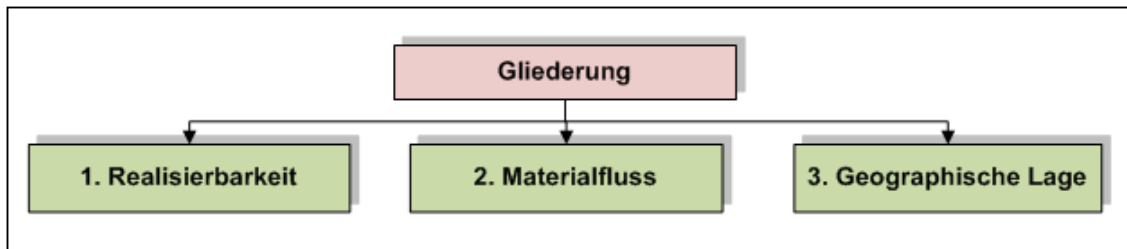


Abbildung 4-10: Gliederung der Kriterien für die Nutzwertanalyse

In Abbildung 4-10 sind die drei definierten Hauptkriterien abgebildet. Anschließend werden in Abbildung 4-11 die zugehörigen Unterkriterien bestimmt, erläutert und anschließend gewichtet.

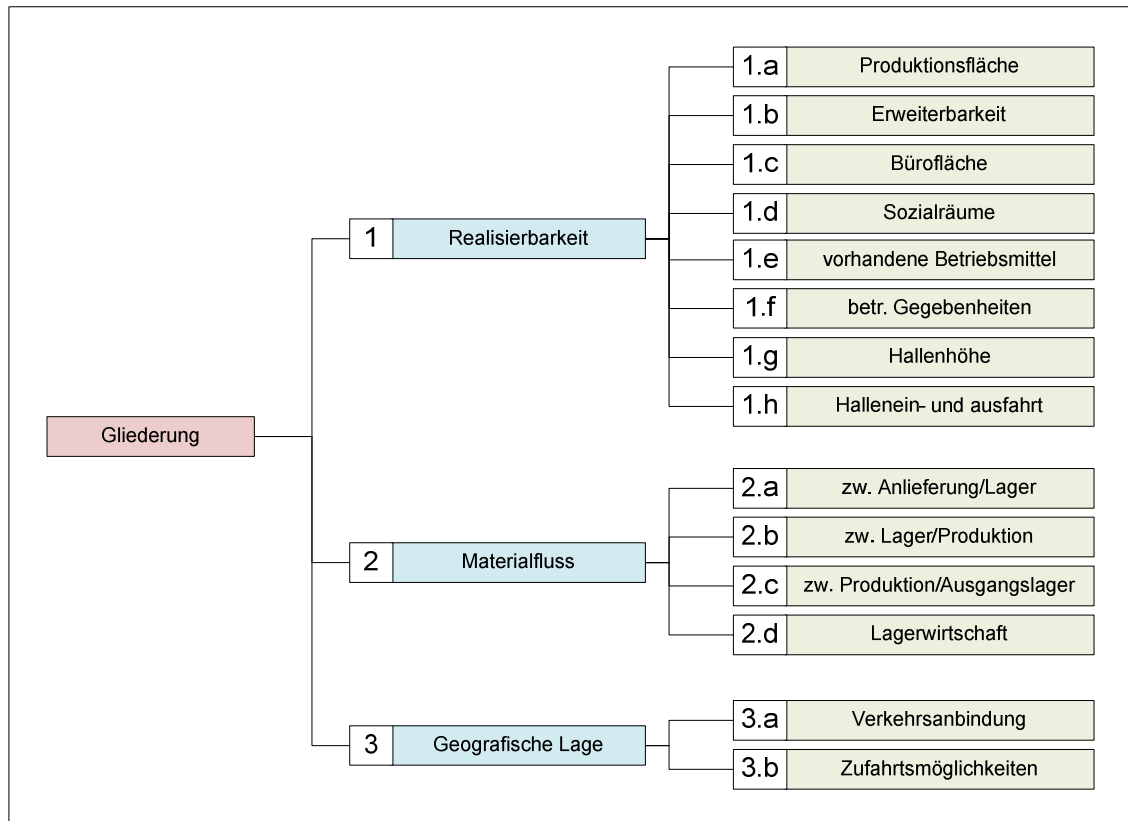


Abbildung 4-11: Kriterien der Nutzwertanalyse

Erläuterungen zu den Kriterien:

### 1.a) Produktionsfläche

Die Größe der Produktionsfläche stellt das Hauptkriterium dar, da einerseits eine zu große Fläche unnötig Kosten verursacht und andererseits eine zu kleine Halle nicht zweckmäßig ist. Die Bewertungspunkte sind in Abbildung 4-12 ersichtlich.

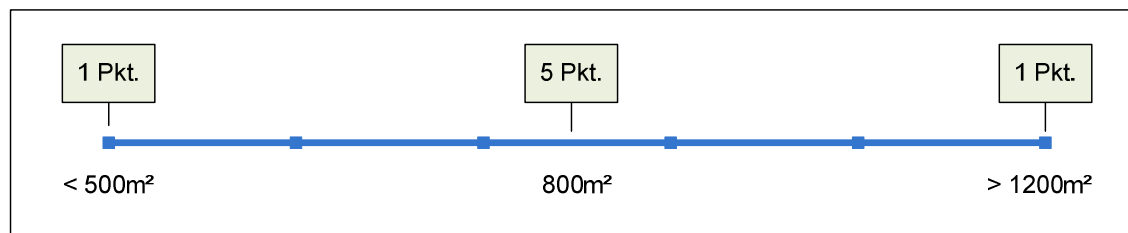


Abbildung 4-12: Punkteverteilung Kriterium Produktionsfläche



### 1.b) Erweiterbarkeit

Die Halle sollte erweiterbar sein. Eine Erweiterung ohne bauliche Maßnahmen, indem man einfach die Mietfläche vergrößert ist am geeignetsten. Weiters gäbe es noch die Möglichkeit eines Zubaus, oder es besteht im schlechtesten Fall keine bauliche Erweiterungsmöglichkeit.

### 1.c) Bürofläche

Die Bürofläche muss eine angemessene Größe haben. Auch die Ausstattung und Anordnung sind maßgebend, d.h. befindet sich beispielsweise ein direkter Zugang zur Produktionshalle oder sind weite Wege zurückzulegen. Die Bewertungspunkte zeigt Abbildung 4-13.

### 1.d) Sozialräume

Die Sozialräume müssen ebenfalls ausreichend bemessen sein, mit einer guten Ausstattung, sowie akzeptabler Sanitäreinrichtung. Das Büro des Fertigungsleiters sollte ebenso eine zentrale und nahe Anordnung aufweisen. Die Bewertungspunkte zeigt Abbildung 4-13.

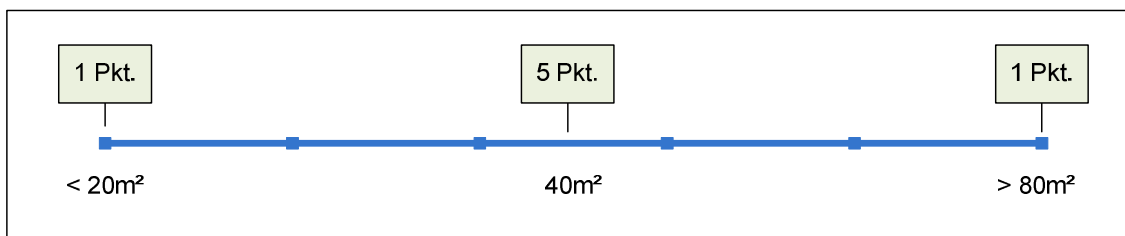


Abbildung 4-13: Punkteverteilung Kriterium Büro- und Sozialräume

### 1.e) vorhandene Betriebsmittel

Installationen wie Fördermittel, Druckluftanlagen, Lackiererei, etc., die bereits vorhanden sind und durch geringen Änderungsaufwand übernommen werden können, sind hier erfasst. Weiters bewertet man auch den zeitlichen Aufwand sowie die baulichen Maßnahmen, die für die Adaption und Inbetriebnahme der Produktionshalle zur Serienfertigung anfallen.

### 1.f) betriebliche Gegebenheiten

Besitzt das Gebäude eine ausreichende Isolierung, eventuell Klimatisierung, sowie eine zeitgemäße Heizung. Weiters wird noch berücksichtigt, ob durch veränderte gesetzliche Bestimmungen, bauliche Veränderungen vor der Inbetriebnahme getroffen werden müssen.

### 1.g) Hallenhöhe

Die Yacht weist stattliche Abmessungen auf, dadurch ergibt sich auch eine entsprechende Anforderung an die Bauhöhe der Halle. Abbildung 4-14 zeigt die Bewertungspunkte.

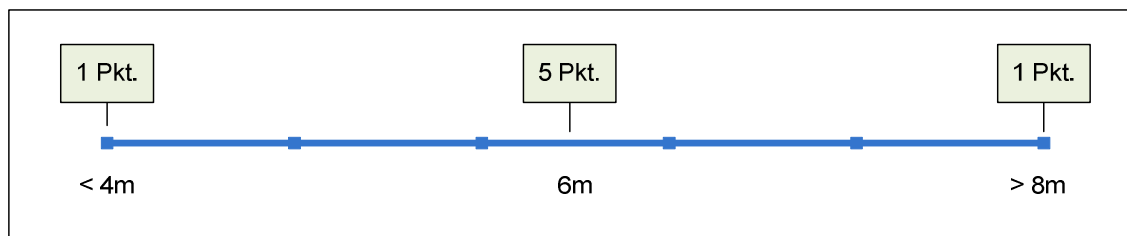


Abbildung 4-14: Punkteverteilung Kriterium Hallenhöhe

### 1.h) Hallenein- und ausfahrt

Wie in Kriterium 1.g) bereits erwähnt, bezieht sich diese Anforderung natürlich auch auf die Ausfahrtsmöglichkeit der fertigen Yacht aus der Produktionshalle. Es soll daher berücksichtigt werden, ob die Größe des vorhandenen Tores ausreicht. Falls nicht ist der Aufwand der Vergrößerung zu bewerten. Abbildung 4-15 zeigt die Bewertungspunkte.

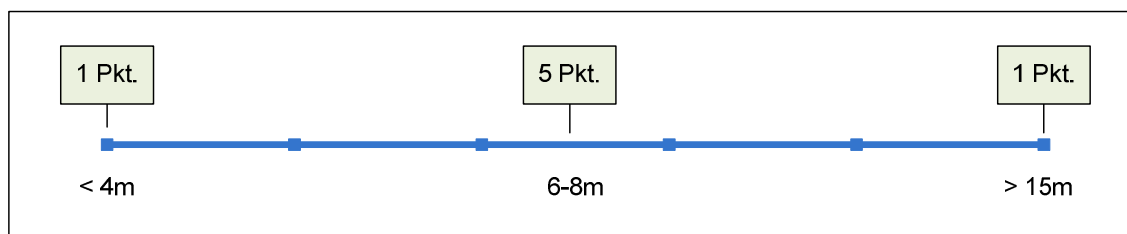


Abbildung 4-15: Punkteverteilung Kriterium Hallenein- und ausfahrt

**2.a) Materialfluss zwischen Anlieferung/Lager**

Dieses Kriterium berücksichtigt sowohl organisatorische als auch kostenmäßige Vorteile bei unterschiedlichen Transportwegen.

**2.b) Materialfluss zwischen Lager/Produktion**

Möglichst zentrale Lagerung mit kurzen Transportwegen ist anzustreben.

**2.c) Materialfluss zwischen Produktion/Ausgangslager**

Die Lagerung sollte nahe der Hallenausfahrt liegen, den Produktionsprozess jedoch nicht beeinträchtigen.

**2.d) Lagerwirtschaft**

Harze und Lacke müssen gesondert in feuerfesten Räumen gelagert werden. Dadurch kann es, bei dezentraler Lagerung (ev. Lagerung außerhalb des Betriebsgebäudes) zu erhöhtem Transportaufwand kommen.

**3.a) Verkehrsanbindung**

Besteht eine gute Verkehrsanbindung, wie beispielsweise Nähe zur Autobahn, oder müssen längere Anfahrtszeiten in Kauf genommen werden.

**3.b) Zufahrtsmöglichkeiten**

Wie zuvor bereits erwähnt handelt es sich um eine stattliche Yacht von rund neun Metern Länge. Dadurch können bei der Auslieferung Rangierprobleme auf dem Betriebsareal außerhalb der Halle, aufgrund von angrenzenden Zäunen und Ähnlichem, auftreten.

Gewichtung der Kriterien:

Die Gewichtung der Kriterien wurde laut der Vorgehensweise von ZANGEMEISTER gemeinsam mit Herrn DI Riedl durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-8 ersichtlich:

Gewichtung der Zielkriterien			
Kriterium	Stufengewicht	Knotengewicht	Absolutgewicht
1. Realisierbarkeit	65%		
1.a Produktionsfläche		30%	19,5%
1.b Erweiterbarkeit		20%	13%
1.c Bürofläche		10%	6,5%
1.d Sozialfläche		10%	6,5%
1.e vorhandene Betriebsmittel		10%	6,5%
1.f betriebliche Gegebenheiten		10%	6,5%
1.g Hallenhöhe		5%	3,25%
1.h Hallenein- und ausfahrt		5%	3,25%
2. Materialfluss	30%		
2.a zwischen Anlieferung/Lager		20%	6%
2.b zwischen Lager/Produktion		40%	12%
2.c zwischen Produktion/Ausgangslager		25%	7,5%
2.d Lagerwirtschaft		15%	4,5%
3. Geografische Lage	5%		
3.a Verkehrsanbindung		60%	3%
3.b Zufahrtsmöglichkeiten		40%	2%

Tabelle 4-8: Gewichtung der Zielkriterien

#### 4.6.4 Bewertung der einzelnen Produktionsstätten

Die Bewertung der obigen Kriterien erfolgt nach folgendem Schema:

1 Punkt .....besonders schlechte Erfüllung

5 Punkte .....besonders gute Erfüllung

#### Bewertung: Produktionshalle „ehem. Wintergarten Halle“

Kriterium	Bemerkung	Punkte
<b>Realisierbarkeit</b>		
1.a)	Die Produktionsfläche beträgt ca. 400 m <sup>2</sup> . Diese Fläche wird auch durch engste Anordnung der Betriebsmittel nicht ausreichend sein.	1
1.b)	Die Erweiterbarkeit ist nur durch einen Neubau möglich.	1
1.c)	Büroräume sind ausreichend vorhanden, befinden sich in gutem Zustand und aufgeteilt auf EG und OG.	3
1.d)	Ein Aufenthaltsraum ist in der Produktionshalle mit gut ausgestatteten Sanitärräumen vorhanden.	3
1.e)	Ein zentraler Stromanschluss ist vorhanden. Die hohe Hallenhöhe durch EG und OG bedeutet aber einen größeren Aufwand bei der Installation von Förderkränen.	1
1.f)	Die Halle ist neuerer Bauart und sollte keinerlei Änderungen benötigen.	4
1.g)	Die Halle ist für das geplante Produktionsprogramm durch EG und OG unnötig hoch gebaut.	2
1.h)	Ein großzügig dimensioniertes Einfahrtstor ist vorhanden.	3
<b>Materialfluss</b>		
2.a)	Eine günstige Anordnung und dadurch auch gute Materialflüsse sind möglich.	4
2.b)	Die Transportwege würden durch dezentrale Ansiedelung des Lagers nicht optimal werden.	2
2.c)	Das Ausgangslager könnte in unmittelbarer Tornähe implementiert sein.	3
2.d)	Die Lagerung müsste in der Produktionshalle durch Bau eines eigenen feuerfesten Raumes erfolgen.	2
<b>Geografische Lage</b>		
3.a)	Weite und eher schlechte Verkehrsanbindung.	2
3.b)	Zufahrtsmöglichkeiten und Rangierflächen sind ausreichend vorhanden.	4

Tabelle 4-9: Bewertung Produktionshalle „ehem. Wintergarten Halle“

**Bewertung: Produktionshalle „Wiener-Straße“**

<b>Kriterium</b>	<b>Bemerkung</b>	<b>Punkte</b>
<b>Realisierbarkeit</b>		
1.a)	Die Hallenfläche beträgt rund 2400 m <sup>2</sup> , die jedoch teilbar ist und Flächen von 800 bis 1110 m <sup>2</sup> angeboten werden.	4
1.b)	Wie bereits oben erwähnt ist die Halle schrittweise erweiterbar. Es müssen auch keine großen baulichen Veränderungen durchgeführt werden, lediglich Raumabteilungen müssten eingebaut werden.	5
1.c)	Büroräume sind ausreichend in angemessenem Zustand anzumieten. Je nach Bedarf kann auch dieser variiert werden.	4
1.d)	Für die Sozialräume gilt dasselbe wie bei 1.c) Büroräume.	4
1.e)	Es sind bereits umfangreiche Strom- und Druckluftanschlüsse an jeder Säule vorhanden. Es befinden sich ebenfalls zwei Laufkräne mit einer Hubkraft von je 5 t im Gebäude	5
1.f)	Am Gebäude müssten geringfügige Änderungen der Verglasung durchgeführt werden. Zentrale Heizanlage ist vorhanden.	3
1.g)	Die Raumhöhe ist für die Produktion angemessen.	3
1.h)	Die Halle besitzt ein großes LKW-Tor, das sich direkt neben den Büro- und Sozialräumen befindet.	3
<b>Materialfluss</b>		
2.a)	Das Lager wird sich aus fertigungstechnischen Gründen eher dezentral ansiedeln wodurch sich längere Transportwege ergeben.	2
2.b)	Die Materialflüsse in der Produktion sind durch die Errichtung mehrerer Lager verbessert und dadurch sind kürzere Transportwege realisierbar.	4
2.c)	Das Auslieferungslager kann direkt vor dem Ausfahrtstor angesiedelt werden, ohne den Fertigungsablauf zu stören.	4
2.d)	Die Lagerung müsste in der Produktionshalle durch Bau eines eigenen feuerfesten Raumes erfolgen.	2
<b>Geografische Lage</b>		
3.a)	Die Autobahnauffahrt auf die A9 bei Gratkorn ist nur wenige km entfernt.	4
3.b)	Die Ausfahrtsmöglichkeit ist durch einen Zaun, der sich unmittelbar vor der Hallenausfahrt befindet, eingeschränkt.	2

Tabelle 4-10: Bewertung Produktionshalle „Wiener-Straße“

**Bewertung: Produktionshalle „Gradnerstraße 120-124“**

<b>Kriterium</b>	<b>Bemerkung</b>	<b>Punkte</b>
<b>Realisierbarkeit</b>		
1.a)	Die Hallenfläche beträgt rund 1500 m <sup>2</sup> die man jedoch abtrennen und weitervermieten kann.	<b>3</b>
1.b)	Die Erweiterbarkeit ist sehr einfach möglich, da man lediglich die gesamte Halle anmieten müsste und dadurch genau ausreichend Platz für eine zweite Yachtserie zur Verfügung hätte.	<b>5</b>
1.c)	Büroräume sind ausreichend vorhanden, jedoch besteht kein direkter Zugang in die Produktionshalle. Aus diesem Grund sind weite Wege außerhalb des Gebäudes zurückzulegen.	<b>2</b>
1.d)	Für die Sozialräume gilt dasselbe wie bei 1.c) Büroräume.	<b>2</b>
1.e)	Es besteht lediglich ein zentraler Stromanschluss, keinerlei Druckluftanlagen oder sonstige Betriebsmittel.	<b>1</b>
1.f)	Das Gebäude befindet sich in einem angemessenen Zustand, Gas-Zentralheizung ist vorhanden.	<b>4</b>
1.g)	Eine Raumhöhe von mindestens 6 m ist vorhanden.	<b>3</b>
1.h)	Die Halle hat ein großes Sektionaltor mit einer Durchfahrtshöhe von 4,5 m.	<b>3</b>
<b>Materialfluss</b>		
2.a)	Das Anlieferungstor befindet sich auf der Längsseite der Halle, sodass eine gute Einlagerung gegeben ist.	<b>4</b>
2.b)	Zentrale Lagerung mit kurzen Transportwegen ist realisierbar.	<b>4</b>
2.c)	Das Auslieferungslager müsste in der Hallenmitte angesiedelt werden. Eher schlecht für vorige Materialflüsse.	<b>2</b>
2.d)	Die Lagerung müsste in der Produktionshalle durch Bau eines eigenen feuerfesten Raumes erfolgen.	<b>2</b>
<b>Geografische Lage</b>		
3.a)	Anfahrt über Knoten Graz-West oder Webling hervorragend möglich.	<b>5</b>
3.b)	Ausreichende Abfahrtsmöglichkeiten durch große Außenflächen vorhanden.	<b>4</b>

Tabelle 4-11: Bewertung Produktionshalle „Gradnerstraße 120-124“

**Bewertung: Produktionshalle „Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg“**

<b>Kriterium</b>	<b>Bemerkung</b>	<b>Punkte</b>
<b>Realisierbarkeit</b>		
<b>1.a)</b>	Die Produktionshallenfläche beträgt ca. 757 m <sup>2</sup> wobei eine Lagerhalle mit 1000 m <sup>2</sup> Fläche direkt angebaut ist.	<b>3</b>
<b>1.b)</b>	Die Erweiterbarkeit ist durch die angrenzende Lagerhalle gegeben, wobei jedoch die gesamte riesige Halle angemietet werden müsste.	<b>3</b>
<b>1.c)</b>	Die Büroräume sind eher etwas überdimensioniert aber in zentraler Lage. Die Einrichtung befindet sich in einem ordentlichen Zustand.	<b>3</b>
<b>1.d)</b>	Es besteht ein Aufenthaltsraum, der allerdings in der Lagerhalle angesiedelt ist und zusätzlich angemietet werden müsste.	<b>1</b>
<b>1.e)</b>	Es besteht lediglich ein zentraler Stromanschluss, keinerlei Druckluftanlagen oder sonstige Betriebsmittel.	<b>1</b>
<b>1.f)</b>	Die Produktions- sowie Lagerhalle sind vollisoliert und neuerer Bauart.	<b>4</b>
<b>1.g)</b>	Die Hallenhöhe beträgt 6,6 m, mehr als ausreichend.	<b>3</b>
<b>1.h)</b>	Die Halle besitzt 2 LKW Einfahrtsrolltore.	<b>4</b>
<b>Materialfluss</b>		
<b>2.a)</b>	Gute Anlieferungsmöglichkeiten, da die Halle über zwei Tore verfügt. Dadurch kann das Eingangslager auch dementsprechend gut positioniert werden.	<b>4</b>
<b>2.b)</b>	Zentrale Lagerung mit kurzen Transportwegen ist realisierbar.	<b>4</b>
<b>2.c)</b>	Das Auslieferungslager kann in der Nähe des zweiten Tores eingerichtet werden. Dadurch ergeben sich keinerlei Materialflussprobleme.	<b>5</b>
<b>2.d)</b>	Die Lagerung müsste in der Produktionshalle durch Bau eines eigenen feuerfesten Raumes erfolgen.	<b>2</b>
<b>Geografische Lage</b>		
<b>3.a)</b>	Anfahrt über Knoten Graz-West oder Webling hervorragend möglich.	<b>5</b>
<b>3.b)</b>	Ausreichende Abfahrtsmöglichkeiten durch große Außenflächen vorhanden.	<b>4</b>

Tabelle 4-12: Bewertung Produktionshalle „Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg“



Zusammenfassend:**Produktionshalle „ehem. Wintergarten Halle“**

Das größte Hindernis ist die zu kleine Produktionsfläche, sowie die Tatsache, dass es keine Erweiterungsmöglichkeiten gibt. Der Zustand des gesamten Gebäudes wäre ansonsten in Ordnung.

**Produktionshalle „Wiener-Straße“**

Der größte Vorteil dieser Halle ist die stufenweise Erweiterbarkeit der Produktions- als auch der Büroflächen. Ebenfalls ein großer Vorteil sind die bereits in der Halle montierten Laufkräne sowie die bereits vorhandenen Druckluft- und Stromanschlüsse. Als kleiner Nachteil für die räumliche Anordnung wäre die Schräge im hinteren Teil der Produktionshalle zu erwähnen.

**Produktionshalle „Gradnerstraße 120 – 124“**

Ein großes Problem ist hier der fehlende direkte Zugang vom Büro zur Produktion. Auch die fehlenden Betriebsmittel wirken sich im Vergleich negativ aus.

**Produktionshalle „Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg“**

Die Produktionsfläche wäre völlig ausreichend, jedoch müsste man die angrenzende Lagerhalle ebenfalls mieten, da ansonsten keine Sozial- und Sanitärräume zur Verfügung stehen würden.

#### 4.6.5 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Es werden die Teilnutzwerte für jede der vier Produktionsstätten ermittelt. Die Berechnung erfolgt durch die Multiplikation der Absolutgewichte mit den vorhin festgelegten Bewertungspunkten. Im Anschluss werden die Teilnutzwerte aufsummiert und es ergibt sich der Gesamtnutzwert<sup>80</sup> (Details siehe **Anhang 6**).

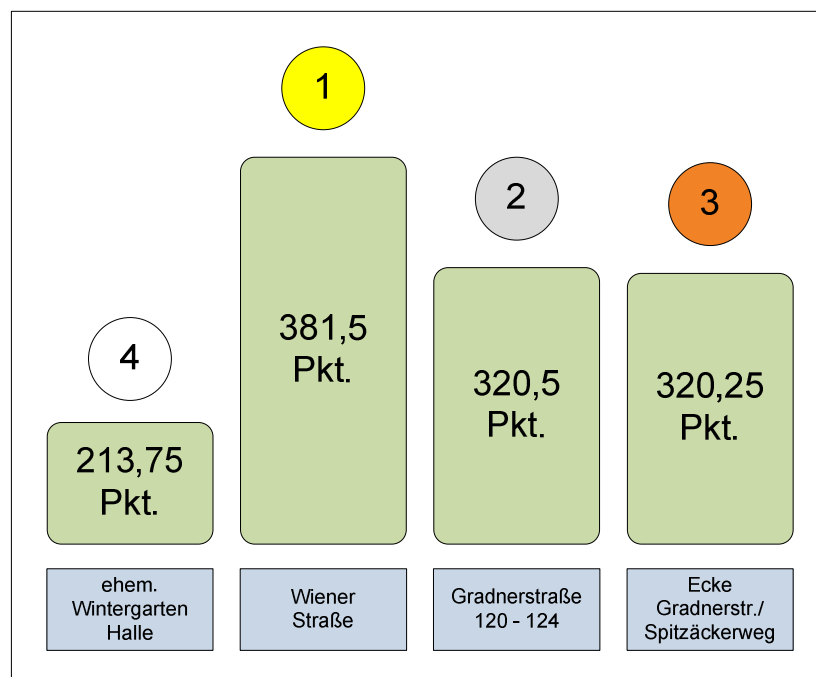


Abbildung 4-16: Ergebnis der Nutzwertanalyse

Diejenige Halle mit dem größten Nutzwert ist demzufolge die Produktionshalle in der **Wiener-Straße, 8051 Graz**.

<sup>80</sup> Vgl. ZANGEMEISTER (1976), S. 45ff.

## 4.7 Reale Groblayoutplanung

Die größte Veränderung vom IDEAL zum REAL Layout ist die Tatsache, dass nur ein Hallentor vorhanden ist. Aufgrund dessen ist kein geradliniger Fertigungsfluss realisierbar. Die einzelnen Fertigungsbereiche werden daher U-förmig in der Halle angeordnet. Zu Beachten ist hierbei besonders, dass bei der Beförderung von einem Bereich zum Nächsten, aufgrund der großen Abmessungen keine Beschädigungen an den Yachten entstehen.

In der REAL-Planung wird darauf geachtet, dass die staubintensiven Bereiche, wie der Zuschnitt, möglichst weit von der Lackiererei entfernt positioniert werden. Weiters wird versucht, die Anordnung so zu gestalten, dass möglichst wenige Trennwände (Lackiererei, Kompressorraum, Harz-/Lacklager, usw.) eingebaut werden müssen.

Die bereits vorhandenen Fördermittel werden optimal in den Produktionsprozess eingegliedert. Die Lager sind so angeordnet, dass möglichst kurze Transportwege zu den einzelnen Fertigungsbereichen entstehen. Das Hilfsmateriallager, das flächenmäßig sehr klein ist (ca. 5 m<sup>2</sup> Regalstellfläche), wird mit dem Zukaufteilelager kombiniert.

Starkstrom- sowie Druckluftanschlüsse sind im Innenbereich an jeder Säule, an den Wänden an jeder zweiten Säule vorhanden. Aufgrund dessen können mehrere verschiedene Anordnungen der einzelnen Bereiche durchdacht werden, ohne jedoch die Materialflüsse negativ zu beeinflussen. Deshalb werden im nächsten Schritt drei Varianten ausgearbeitet und die jeweiligen Besonderheiten dokumentiert.

Die Büroflächen und die Sozialräume sind bereits vorhanden. Dabei wird allerdings nicht unter den drei Varianten unterschieden, sondern diese sind für alle gleich angesiedelt und aufgebaut.

Die angebotene Fläche die gemietet werden soll setzt sich aus

- der Bürofläche mit 17 m<sup>2</sup>,
- dem Eingangs-/Empfangsbereich mit 48 m<sup>2</sup> und
- den Sozialräumen inkl. Sanitäreinrichtungen mit 112 m<sup>2</sup> zusammen.

Darstellung Variante 1:

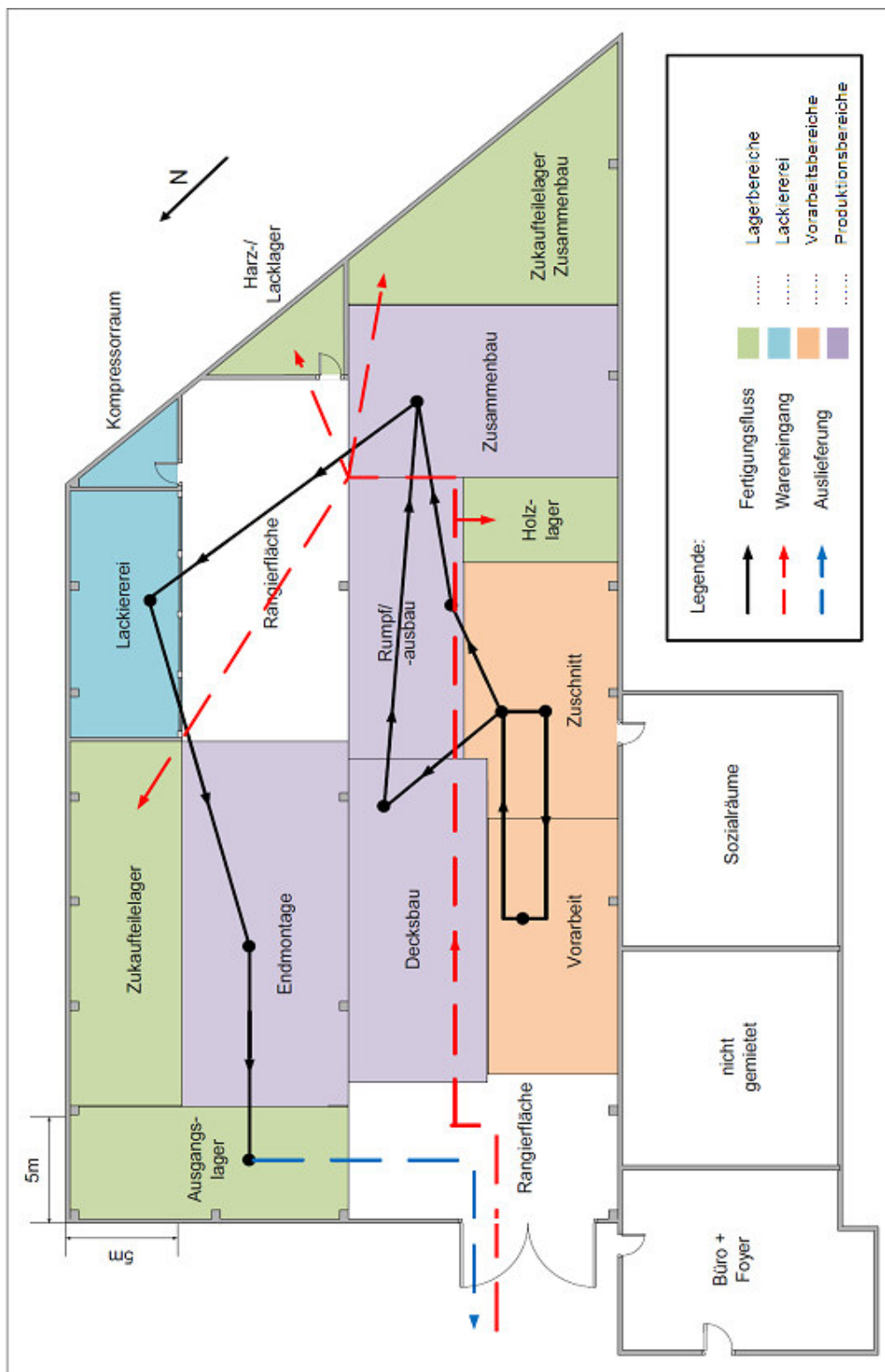


Abbildung 4-17: REAL-Groblayout Variante 1

**Erläuterungen zu Variante 1:**Fertigung:

Die Fertigungsbereiche Rumpf/-ausbau und Decksbau sind hintereinander angeordnet, dadurch kann der Zuschnitt, von dem die mengenmäßig größten Transporte kommen, in unmittelbarer Nähe platziert werden. Die Form der Halle führt dazu, dass die Fertigung für alle drei Varianten in U-Form durchgeführt werden muss. Aufgrund dessen müssen die Bauteile für den anschließenden Zusammenbau um 90° gedreht werden und danach für die Lackierung und Endmontage nochmals. Durch die stattlichen Abmessungen der Yacht sollte hierbei besonders auf Beschädigungen geachtet werden.

Vor dem Bereich Endmontage ist eine ausreichend dimensionierte Rangierfläche eingeplant, auf der gegebenenfalls auch kurze Zwischenlagerungen stattfinden können.

Lager:

Die Lager sind zur Gänze dezentral angebracht. Das Holzlager befindet sich neben dem Zuschnitt und ist, aufgrund der Position in der Halle, von starken Temperaturschwankungen sowie Luftzügen möglichst gut geschützt. Das Zukaufteilelager ist aufgeteilt auf Zusammenbau und Endmontage. Dadurch kann die Fläche, die durch die bestehende Schräge beeinträchtigt wird, möglichst gut genutzt werden. Dies gilt ebenso für das Harz-/Lacklager. Es ist so eingeplant, dass nur zwei zusätzliche Feuerschutzwände aufgestellt werden müssen. Das Ausgangslager befindet sich neben dem Hallentor, jedoch in einer Ecke, die man nicht nur als schlichtes Lager, sondern auch als Präsentationsecke für das fertige Produkt verwenden kann. Für die Auslieferung ist eine ausreichende Rangierfläche vorhanden.

Lackiererei:

Diese ist an der Längsseite der Halle positioniert. Auf den Breitseiten müssen zwei Trennwände aufgestellt und die Längsseite durch einen Lackiervorhang verschlossen werden. Durch diese Anordnung ist die vorhandene Schräge durch eine einfache Trennwand als Kompressorraum ideal genutzt.

Darstellung Variante 2:

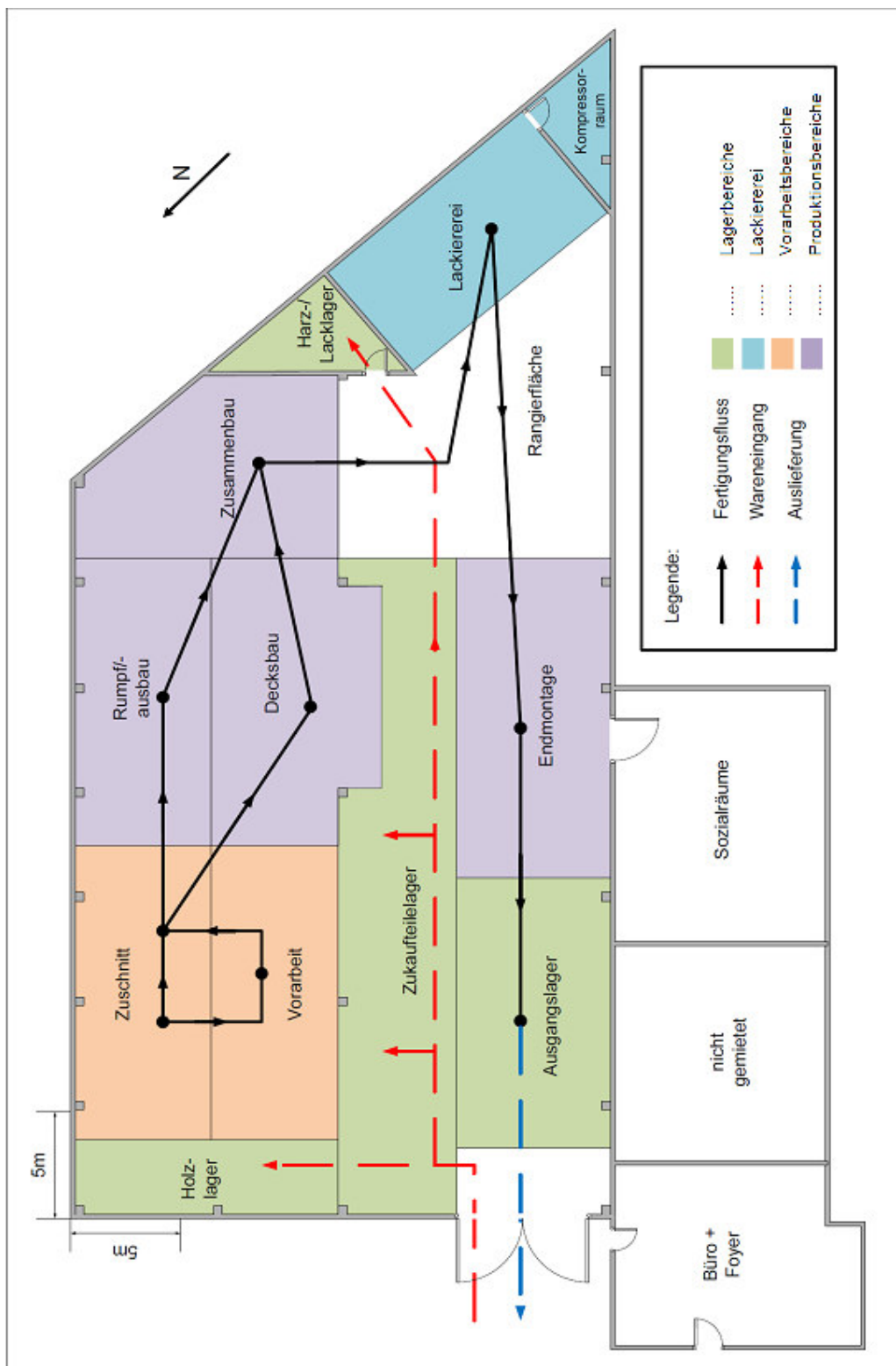


Abbildung 4-18: REAL-Groblayout Variante 2

**Erläuterungen zu Variante 2:**Fertigung:

Die Fertigung ist im Gegensatz zu Variante 1 im Uhrzeigersinn ausgeführt. Rumpf- und Decksbau befinden sich nebeneinander. Dadurch können einige Betriebsmittel und Arbeitsflächen bereichsübergreifend eingesetzt werden. Der anschließende Zusammenbau ist im rechten Winkel zu den beiden vorigen Bereichen angeordnet. Nach dem Bereich Zusammenbau befindet sich eine große Rangierfläche, sodass Transportbeschädigungen möglichst vermindert sind.

Lager:

Das Holzlager befindet sich ebenfalls gut geschützt auf der Nordseite der Halle. Für das Harz-/Lacklager ist wieder die vorhandene Schräge genützt worden, sodass nur zwei Trennwände eingezogen werden müssen. Das Zukaufteilelager ist zentral angeordnet und nicht aufgeteilt. Dadurch ergeben sich kurze Anlieferungswege, allerdings etwas längere Zwischentransporte. Das Ausgangslager befindet sich direkt vor der Hallenausfahrt. Diese Variante zeichnet sich durch die besonders kurzen An- und Auslieferungswege aus.

Lackiererei:

Die Lackiererei wurde auf die Seite der Schräge verlegt. Die Anordnung ist der vorigen Variante jedoch sehr ähnlich. Durch diese Positionierung sind die benötigten Trennwände auf ein Minimum reduziert. Der Kompressorraum liegt neben der Lackiererei in der Ecke der Halle. Dies ist für die entstehende Geräuschkulisse des Kompressors von Vorteil für die Mitarbeiter.

Darstellung Variante 3:

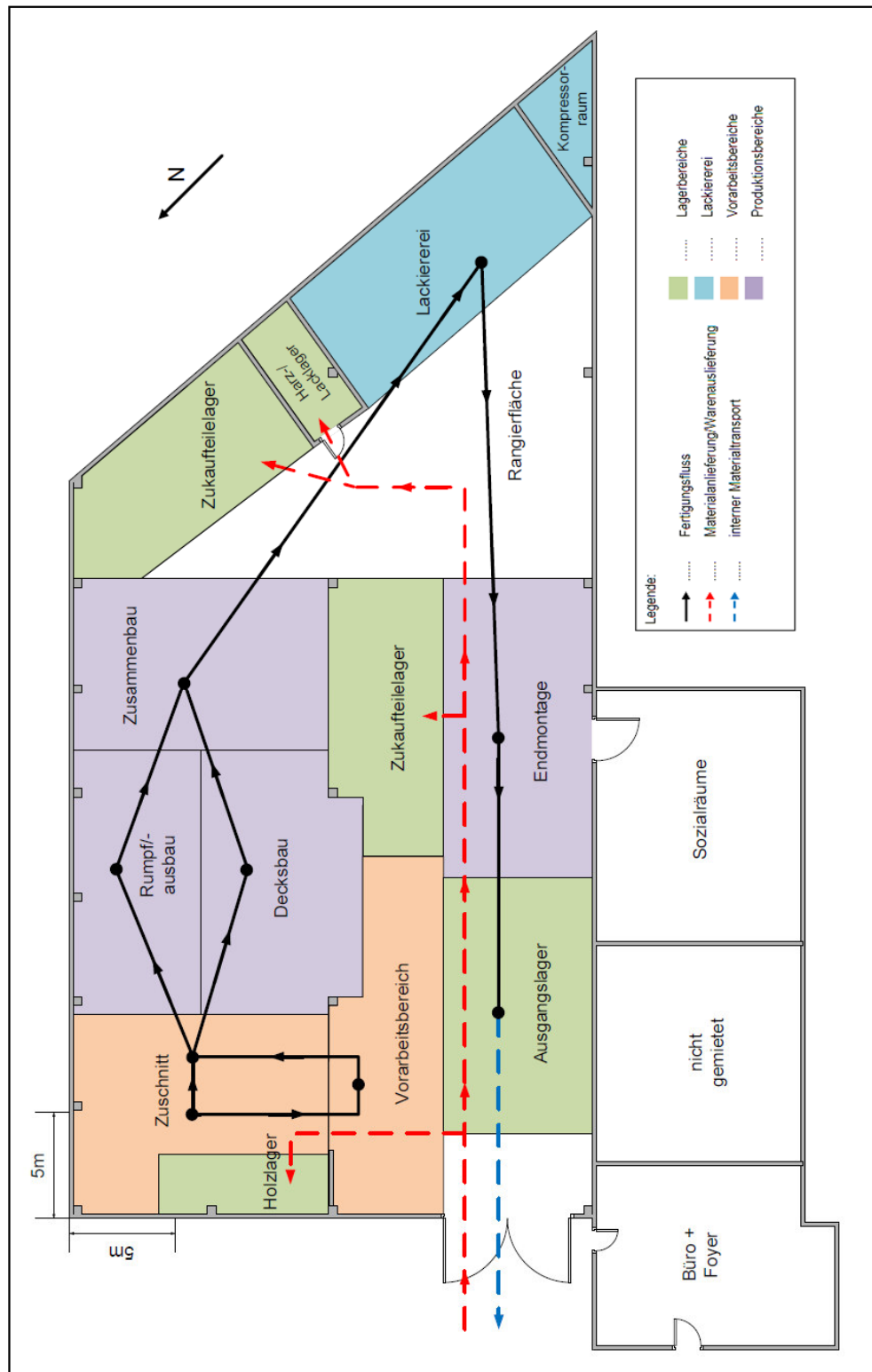


Abbildung 4-19: REAL-Groblayout Variante 3



**Erläuterungen zu Variante 3:**Fertigung:

Die Anordnung ist grundsätzlich der Variante 2 sehr ähnlich. In diesem Fall ist die Staubentwicklung aus dem Zuschnitt, durch die größtmögliche Distanz zwischen diesem und der Lackiererei am geringsten.

Lager:

Das Holzlager befindet sich ähnlich Variante 2 sehr dezentral und gut geschützt. Das Harz-/Lacklager benötigt in diesem Fall eine zusätzliche Trennwand um das nebenliegende Zukaufteilelager für den Zusammenbau ausreichend dimensionieren zu können. Die aufgeteilten Zukaufteilelager befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Verarbeitungsbereich und zeichnen sich durch kurze Transportwege aus. Allerdings sind im Vergleich zu Variante 2 die Anlieferungswege länger und das Fertigproduktelager befindet sich direkt vor der Hallenausfahrt.

Lackiererei:

Die Anordnung der Lackiererei wurde aus Variante 2 übernommen.

## 4.8 Feinlayoutplanung

Im vorigen Kapitel 4.6 Reale Groblayoutplanung wurden drei verschiedene Anordnungen der Produktionsbereiche inklusive Lagerflächen skizziert. Nach Absprache mit Herrn DI Riedl wurde Variante 3 für die Feinlayoutplanung ausgewählt. In der Feinlayoutplanung werden die in der Flächenbedarfsermittlung (siehe **Anhang 5**) gefundenen Betriebs- und Hilfsmittel optimal in die Produktionshalle eingepasst und grafisch dargestellt.

Die Darstellung erfolgt einerseits in **Teilsystemen** der gesamten Produktion und andererseits in **Aspekten**, wie beispielsweise

- Förder- und Lagermittel,
- Druckluftversorgung und Anschlüsse,
- bauliche Maßnahmen,
- Materialflüsse usw.

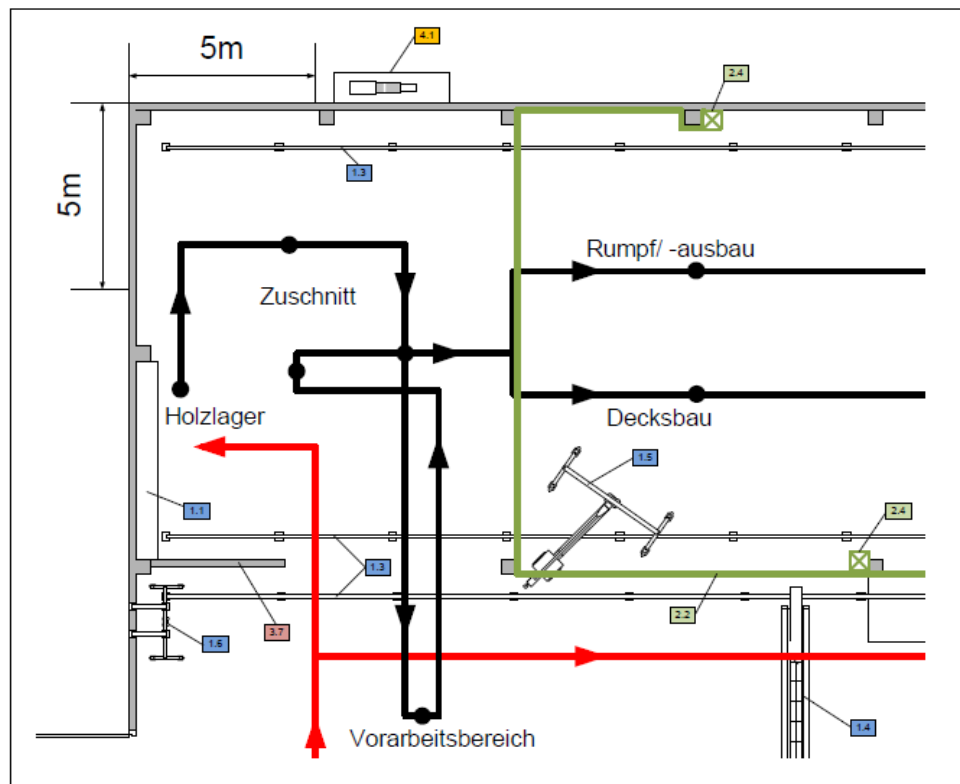


Abbildung 4-20: Feinlayoutplanung der Aspekte (Auszug)

Abbildung 4-20 zeigt einen kleinen Auszug aus der Feinlayoutplanung. Der grundsätzliche Aufbau und die Form der Darstellung sind gut erkennbar. Für weitere Details sowie die zugehörige Legende siehe **Anhang 7**.

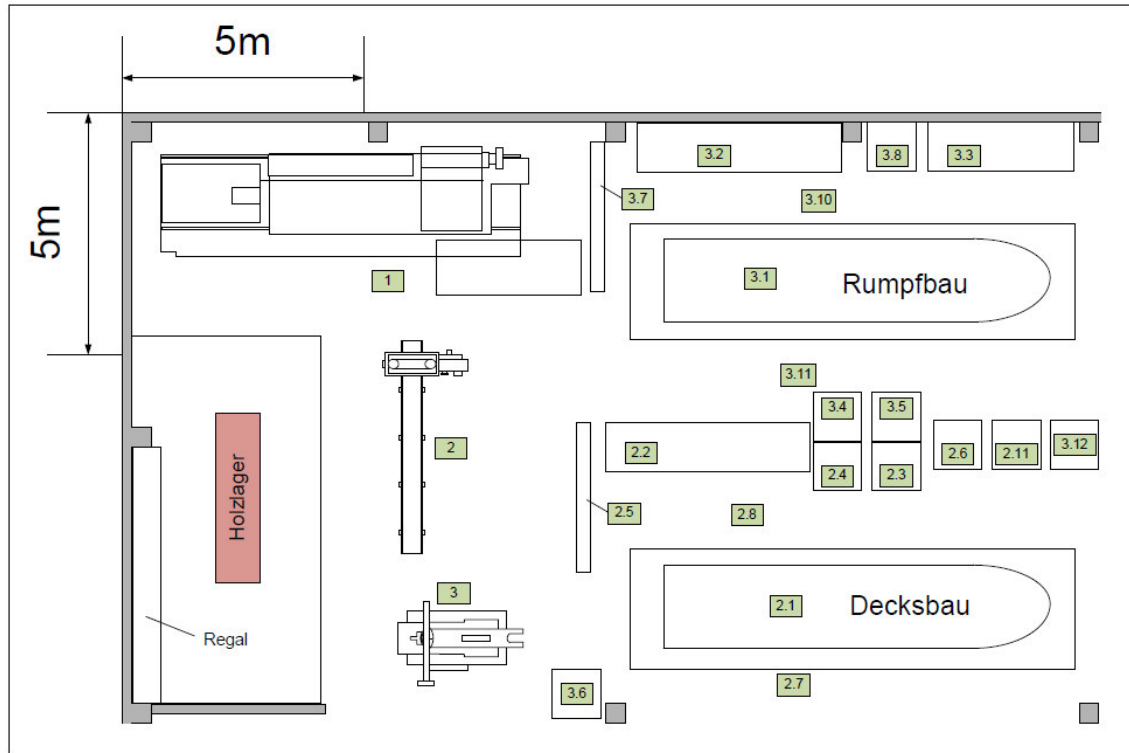


Abbildung 4-21: Feinlayoutplanung der Teilsysteme (Auszug)

Abbildung 4-21 liefert einen Auszug aus der Feinlayoutplanung der einzelnen Teilsysteme. In der Darstellung erkennt man die Negativformen für Rumpf- und Decksbau sowie die Anordnungen der holzbearbeitenden Betriebsmittel (1, 2, und 3) sowie den Bereich des Holzlagers. Die gesamte Darstellung sowie die Legende der Teilsysteme sind ebenfalls in **Anhang 7** gesammelt.

Die beiden Darstellungen der Feinlayoutplanung bilden zugleich den Abschluss dieser Diplomarbeit.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Nach erfolgreichem Abschluss der Produktionsprozessanalyse wurde diese in verschiedenen Darstellungstiefen abgebildet. Aufgrund der neuartigen Herstellungsverfahren, ergaben sich im Zuge der Durchführung des Prototypenbaus einige Verbesserungen. Diese flossen alle in die Prozessanalyse sowie in die Produktionsplanung ein, sodass der zum jetzigen Zeitpunkt bestmögliche Produktionsablauf mit kurzer Durchlaufzeit umgesetzt wurde. In der zukünftigen Kleinserienproduktion kristallisieren sich mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere Verbesserungen und Optimierungen der Produktionsabläufe heraus. Besonders im Bereich Decksbau sollte nach Möglichkeiten zur Verkürzung der notwendigen Durchlaufzeit gesucht werden, da für diesen Bereich die meiste Produktionszeit anfällt. Dadurch legt dieser Bereich die momentane Kapazitätsgrenze der gesamten Produktion fest. Ein Ansatzpunkt zur weiteren Verkürzung der Durchlaufzeit sind die sehr häufig vorkommenden Verzögerungszeiten die das verwendete Epoxidharz bis zum vollständigen Aushärten benötigt. Eine Möglichkeit diese Zeiten nicht so stark in den Produktionsablauf einfließen zu lassen, wäre die Einführung von flexiblen Arbeitszeiten für die Mitarbeiter, zumindest im Bereich Decksbau. Die Senkung der Durchlaufzeit des Decksbaus (3,2 Wochen) auf jene des Rumpfbaus (2,6 Wochen) würde die jährliche Produktionsmenge um drei Yachten auf insgesamt 18 Yachten erhöhen (siehe Kapitel 2.3.2 Ablaufplanung mit maximalem Personaleinsatz).

Eine Materialflussanalyse wurde ebenfalls durchgeführt und daraus in der Materialflussplanung ein ideales Layout entwickelt. Die Analyse der Materialwirtschaft des Prototypenbaus wurde vorwiegend durch Beobachtungen und Befragungen durchgeführt. In der Materialflussplanung folgte zusätzlich zum idealen Layout, eine Förder- und Lagerplanung, in der alle für die Produktion notwendigen Fördermittel, Förderhilfsmittel sowie die benötigten Lagerbereiche in Größe und Gestalt aufgezeichnet wurden. Aufgrund der Eigenheiten dieses Produktionsprogrammes und der Vielfalt an verwendeten und verbauten Materialien, hinsichtlich Abmessungen, Gewichten, etc., ist der Einsatz von Fördermitteln nicht weiter zu optimieren.

In der Betriebsstättenplanung wurde nach Ermittlung des benötigten Flächenbedarfs sowie vorgeschriebener Umweltbestimmungen und gesetzlichen Auflagen die zum Betrieb notwendig sind, die beste Halle mittels einer Nutzwertanalyse gefunden. Danach wurde das in der Materialflussplanung abgeleitete ideale Layout auf die reale Halle umgelegt und drei verschiedene Varianten des realen Groblayouts dargestellt. Die ausgewählte Halle weist die Besonderheit auf, dass bereits zwei Laufkräne mit ausreichender Hebeleistung montiert sind und übernommen werden können. Im letzten Schritt wurde nach Auswahl der besten Variante der dargestellten Groblayouts die zuvor ermittelten Betriebsmittel und Fördermittel in die Halle eingegliedert und grafisch dargestellt. Vorgeschriebene Bauliche Maßnahmen für beispielsweise die Lagerung von gefährlichen Betriebsstoffen wurden so eingearbeitet, dass diese mit möglichst geringem Aufwand umgesetzt werden können.

## **Ausblick**

Nach Abschluss des Prototypenbaus und einer eingehenden Testphase der produzierten Yacht soll Anfang 2010 die Kleinserienproduktion beginnen. Die vorliegende Arbeit soll Herrn DI Riedl bei der Umsetzung des geplanten Produktionsprogrammes in der ausgewählten Betriebsstätte unterstützen und wichtige Anhaltspunkte für eine möglichst reibungslose und effektive Produktion liefern. Des Weiteren kann diese Arbeit auch bei einer eventuell später anstehenden Modell- und damit auch Produktionserweiterung durch geringe Adaption nochmals hinzugezogen werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] AGGTELEKY B.: Fabrikplanung, Band 2, Carl Hanser Verlag, München Wien 1982
- [2] GOUGEON B.: Moderner Holzbootsbau, 5. Auflage, Bay City – Michigan 1986
- [3] GRUNDIG C.-G.: Fabrikplanung, Band 3, Carl Hanser Verlag, München 2009
- [4] ISHIWATA J.: Die flexible Fabrik, Layout-Planung mit Prozess-Analyse, Moderne Industrie Verlag, Landsberg/Lech 2001
- [5] KOETHER R.: Betriebsstättenplanung und Ergonomie, Carl Hanser Verlag, München 2001
- [6] KRUSCHWITZ L.: Investitionsrechnung, Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2007
- [7] NESTLER H.: Materialflussuntersuchungen in Fertigungsbetrieben, VDI-Verlag, Düsseldorf 1974
- [8] PFITZINGER E.: Geschäftsprozess-Management, Steuerung und Optimierung von Geschäftsprozessen, MercedesDruck GmbH, Berlin 2003
- [9] PFOHL H.-C.: Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen, 2. überarb. u. erw. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 2004
- [10] PFOHL H.-C.: Logistiksysteme, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1996
- [11] REFA (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation: Teil 1, 2, 6, Carl Hanser Verlag, München 1991

- [12] SCHANTIN D.: Makromodellierung von Geschäftsprozessen, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2004
- [13] STUGGER A., MITTERER N.: INDUSCRIPT Logistik Management, TU Graz, Graz 2009
- [14] WEBER H.: Industriebetriebslehre, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1999
- [15] WOHINZ J. W.: INDUSCRIPT Industriebetriebslehre, 20. Auflage, Graz 2006/07
- [16] ZANGEMEISTER C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 2. Auflage, Wittmannsche Buchhandlung 1976

## Internetverzeichnis

- [1] RIEDL G.: RYachts Website, Graz 2008,  
<http://ryacht.com/index.php?id=5>, Zugriffsdatum: 28.07.2009
- [2] RACKMANN S.: Website  
<http://www.oldieboote.de>, Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [3] WKO: Umweltmerkblatt für holzbearbeitende Betriebe, Wien 2005,  
[http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?AnglID=1&StID=184420&DstID=0&titel=Umweltmerkblatt,f%C3%BCr,Holz,bearbeitende,Betriebe](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AnglID=1&StID=184420&DstID=0&titel=Umweltmerkblatt,f%C3%BCr,Holz,bearbeitende,Betriebe),  
Zugriffsdatum 21.10.2009
- [4] BM für Wirtschaft u. Arbeit: VOC – Anlagenverordnung – VAV, Wien 2002,  
<http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/8296>,  
Zugriffsdatum 21.10.2009

- [5] Bundeskanzleramt Österreich: Rechtsvorschrift für Abfallnachweisverordnung, Wien 2003,  
<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003119>,  
Zugriffsdatum 22.10.2009
- [6] Allgemeine Unfallversicherungsanstalt: Sicherheitsinformation für wasserlösliche Farben & Lacke M303  
[http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125863\\_M303\\_0.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125863_M303_0.pdf),  
Zugriffsdatum 23.10.2009
- [7] BM für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft: Leitfaden für VOC-Anlagenverordnung Wien 2007,  
<http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/8297>, Zugriffsdatum 21.10.09
- [8] BM für Wirtschaft und Arbeit: Grenzwerteverordnung, Wien 2007,  
<http://www.arbeitsinspektion.gv.at/gkv/gkv.htm>, Zugriffsdatum 21.10.09
- [9] Allgemeine Unfallversicherungsanstalt: Lärmbekämpfung in Holzverarbeitungsbetrieben, Wien 2005  
[http://www.auva.at/mediaDB/MMDB127803\\_M580.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB127803_M580.pdf), Zugriffsdatum 21.10.09
- [10] BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Prüfliste AMVO, Wien 2006,  
[http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/CB51A0EF-A5F1-490A-9E49-AC7C2DFE2E27/0/Pruefliste\\_AMVO.pdf](http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/CB51A0EF-A5F1-490A-9E49-AC7C2DFE2E27/0/Pruefliste_AMVO.pdf), Zugriffsdatum 23.10.2009
- [11] BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Arbeitsmittelverordnung, Wien 2006  
[http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/659254EB-AA85-495E-A47A-81533FAD557F/0/amvo\\_br.pdf](http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/659254EB-AA85-495E-A47A-81533FAD557F/0/amvo_br.pdf), Zugriffsdatum 23.10.2009



## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Ansichten der RY29.....	2
Abbildung 1-2: Vorgehensweise in der Diplomarbeit .....	5
Abbildung 1-3: Bauteile eines Holzbootes .....	8
Abbildung 1-4: Versteifungen eines Schiffsrumpfes .....	10
Abbildung 2-1: Prozessinput und -output.....	13
Abbildung 2-2: Teilaufgaben in der Produktionsplanung .....	15
Abbildung 2-3: Legende zur Prozesssegmentierung .....	18
Abbildung 2-4: Hauptprozesse der Produktion .....	18
Abbildung 2-5: Teilprozessschritt Rumpffertigung .....	19
Abbildung 2-6: Teilprozessschritt Decksfertigung .....	20
Abbildung 2-7: Teilprozessschritt Einbau Technik .....	20
Abbildung 2-8: Teilprozessschritt Einbau Inneneinrichtung .....	21
Abbildung 2-9: Teilprozessschritt Zusammenbau .....	21
Abbildung 2-10: Teilprozessschritt Endmontage .....	22
Abbildung 2-11: Arbeitsablaufplan Zusammenbau (Auszug).....	24
Abbildung 2-12: Zeitlicher Ablauf der Produktion.....	27
Abbildung 2-13: Prozesskette Vorarbeit .....	29
Abbildung 2-14: Prozesskette Decksbau (1/2).....	31
Abbildung 2-15: Prozesskette Decksbau (2/2).....	32
Abbildung 2-16: Prozesskette Rumpf / -ausbau .....	33
Abbildung 2-17: Prozesskette Zusammenbau .....	35
Abbildung 2-18: Prozesskette Lackierung .....	36
Abbildung 2-19: Prozesskette Endmontage .....	37
Abbildung 2-20: Produktionsablaufplanung mit minimalem Personaleinsatz.....	40
Abbildung 2-21: Ablaufplanung im Bereich Zusammenbau .....	43
Abbildung 2-22: Betriebsstundenkosten CNC-Bearbeitungszentrum .....	47
Abbildung 2-23: Gesamtkosten CNC-Bearbeitungszentrum.....	48
Abbildung 2-24: Amortisationsdauer CNC-Bearbeitungszentrum.....	49

---

Abbildung 3-1: Gliederung der Materialien .....	62
Abbildung 3-2: Arbeitsablaufdiagramm für die RY29.....	63
Abbildung 3-3: Transportmatrix für eine Yacht [Anzahl von Transporten] .....	65
Abbildung 3-4: Anzahl der Transportbewegungen für eine Yacht.....	66
Abbildung 3-5: mengenmäßige Darstellung der einzelnen Teilbereiche.....	67
Abbildung 3-6: IDEALES Layout (Transportbeziehungsschema) .....	75
Abbildung 3-7: Laufkräne in der Produktionshalle Wiener-Straße .....	77
Abbildung 4-1: Strukturierung einer Betriebsstätte .....	84
Abbildung 4-2: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung .....	84
Abbildung 4-3: Planungskategorien der Betriebsstättenplanung .....	86
Abbildung 4-4: Struktur der Maschinenarbeitsfläche .....	105
Abbildung 4-5: Flächenbedarfsberechnung der Fertigungsmittel .....	106
Abbildung 4-6: Produktionshalle ehem. Wintergartenhalle .....	108
Abbildung 4-7: Produktionshalle Wiener-Straße.....	109
Abbildung 4-8: Produktionshalle Gradnerstraße 120-124.....	110
Abbildung 4-9: Produktionshalle Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg.....	110
Abbildung 4-10: Gliederung der Kriterien für die Nutzwertanalyse .....	111
Abbildung 4-11: Kriterien der Nutzwertanalyse.....	112
Abbildung 4-12: Punkteverteilung Kriterium Produktionsfläche .....	112
Abbildung 4-13: Punkteverteilung Kriterium Büro- und Sozialräume .....	113
Abbildung 4-14: Punkteverteilung Kriterium Hallenhöhe .....	114
Abbildung 4-15: Punkteverteilung Kriterium Hallenein- und ausfahrt.....	114
Abbildung 4-16: Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	122
Abbildung 4-17: REAL-Groblayout Variante 1 .....	124
Abbildung 4-18: REAL-Groblayout Variante 2 .....	126
Abbildung 4-19: REAL-Groblayout Variante 3 .....	128
Abbildung 4-20: Feinlayoutplanung der Aspekte (Auszug).....	130
Abbildung 4-21: Feinlayoutplanung der Teilsysteme (Auszug).....	131

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Erläuterungen zu den Arbeitsablaufplänen.....	26
Tabelle 2-2: Durchlaufzeit der einzelnen Teilbereiche.....	44
Tabelle 2-3: Hilfsmaterialverbrauch Lamellieren.....	50
Tabelle 2-4: Hilfsmaterialverbrauch Vakuumhärtungen.....	51
Tabelle 2-5: Hilfsmaterialverbrauch Tempern.....	51
Tabelle 2-6: Hilfsmaterialverbrauch Lamellieren der Kleinteile.....	51
Tabelle 2-7: Hilfsmaterialverbrauch Kleben.....	52
Tabelle 2-8: Hilfsmaterialverbrauch Überzug auftragen.....	52
Tabelle 2-9: Hilfsmaterialverbrauch Lackieren.....	53
Tabelle 2-10: Anzahl Produktionsschritte je Yacht.....	53
Tabelle 2-11: Hilfsmaterialverbrauch pro Yacht.....	54
Tabelle 3-1: Flächenbedarfsabschätzung Lager.....	80
Tabelle 4-1: Betriebsmittelplanung Ver- und Entsorgungsanlagen.....	99
Tabelle 4-2: Betriebsmittelplanung Fertigungsmittel.....	100
Tabelle 4-3: Betriebsmittelplanung Meß- und Prüfmittel.....	100
Tabelle 4-4: Betriebsmittelplanung Fördermittel.....	100
Tabelle 4-5: Betriebsmittelplanung Lagermittel.....	101
Tabelle 4-6: Betriebsmittelplanung Innenausstattung.....	101
Tabelle 4-7: Flächenbedarfsermittlung Zusammenfassung.....	103
Tabelle 4-8: Gewichtung der Zielkriterien.....	116
Tabelle 4-9: Bewertung Produktionshalle „ehem. Wintergarten Halle“.....	117
Tabelle 4-10: Bewertung Produktionshalle „Wiener-Straße“.....	118
Tabelle 4-11: Bewertung Produktionshalle „Gradnerstraße 120-124“.....	119
Tabelle 4-12: Bewertung Produktionshalle „Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg“.....	120

## 9 Formelverzeichnis

Formel 1: Werkstattfläche.....	104
Formel 2: Fertigungsfläche.....	104
Formel 3: ermittelte Werkstattfläche.....	105

# Anhang 1

## Arbeitsablaufpläne

des gesamten Prototypenbaus

aufgeteilt auf:

- Decksbau
- Rumpfbau
- Zusammenbau
- Lackiererei
- Endmontage

Produktionsbereich: Deck (Prototyp)		Datum: 24. Nov.09																
Prüfung Lagerung	◇	▽	Operation Verzögerung			Machine/ Werkzeug	Material	Menge	Fläch- enbe- darf	Entfer- nung	Zeit [h]	MA	Zeit [h] ohne MA	Sinnbilder				
			○	○	D									⇄	◇	◇	▽	
1	Lamellierung vorbereiten	○	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	○					
2	Vakuumfolie auslegen	○	-	-	-	Vakuumfolie	35 m <sup>2</sup>	-	-	0,5	2	-	○					
3	Furniere für 1. Lage zuschneiden und einpassen	○	-	-	-	Furnierhobelma. Handhobel	30 m <sup>2</sup>	-	~15 m	8	2	-	○					
4	Furniere für 2. Lage zuschneiden und einpassen	○	-	-	-	Furnierhobelma. Handhobel	30 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	○					
5	Kalibrieren/Vorschleifen der 1. + 2. Lage	○	-	-	-	Kalibrierra.	-	-	~15 m	1	1	-	○					
6	Vorstreichen	○	-	-	-	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	6 m <sup>2</sup>	-	1	2	-	○					
7	1. Lage in Form auslegen	○	-	-	-	-	-	-	-	0,5	2	-	○					
8	1. + 2. Lage lamellieren	○	-	-	-	Lamellierwerkzeug	siehe Tab. 2-9	-	-	1,25	3	-	○					
9	Vakuumaushärten vorbereiten	○	-	-	-	Vakuumpumpe	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	○					
10	Vakuumaushärten	D	-	-	-	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	18	○					
11	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	-	-	0,5	2	-	○					
12	Furniere für 3. Lage zuschneiden und einpassen	○	-	-	-	Furnierhobelma. Handhobel	30 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	○					
13	3. Lage lamellieren	○	-	-	-	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	1,25	3	-	○					
14	Vakuumaushärten vorbereiten	○	-	-	-	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	○					



33	5. Lage lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	1,5	3	-	
34	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	
35	Vakuumaushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	
36	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
37	Furniere für 6. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	30 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	
38	6. Lage lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	1,25	3	-	
39	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	
40	Vakuumaushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	
41	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
42	aus Form heben und 180° drehen	↑	Vakuu-Wendelifter	-	-	30 m <sup>2</sup>	-	0,25	1	-	
43	Masterstärkungs- und Spanteneinbau vorbereiten	○	Hobelma., Säge	-	-	-	-	2	2	-	
44	Masterstärkung und Spanten einkleben und fixieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-11	-	-	0,75	1	-	
45	Aushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	12	
46	Kontrolle der Außenhaut + ev. Nacharbeit	◇	-	-	-	-	-	0,25	1	-	
47	in Negativform zurückheben	↑	Vakuu-Wendelifter	-	-	-	-	0,25	1	-	
48	Furniere für Seitendeck 1. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	15 m <sup>2</sup>	-	~15 m	4	2	-	
49	Furniere für Seitendeck 2. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	15 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	
50	1. Lage Seitendeck in Form auslegen	○	-	-	-	-	-	0,25	2	-	

51	1. + 2. Lage Seitendeck lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	0,75	3	-	
52	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	
53	Vakuumaushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	
54	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
55	Schaumstoff ausmessen und zuschneiden	○	Maßband, Messer	Schaumstoff	15 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1	2	-	
56	Schaumstoff lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	0,75	2	-	
57	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	
58	Vakuumaushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	
59	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
60	Furniere für Seitendeck 3. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	15 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	
61	3. Lage Seitendeck lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	0,75	3	-	
62	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	
63	Vakuumaushärten	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	
64	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
65	Furniere für Seitendeck 4. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	15 m <sup>2</sup>	-	~15 m	4	2	-	
66	4. Lage Seitendeck lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	0,75	3	-	
67	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	



68	Vakuumaushärten	D	Vakumpumpe	-	-	-	-	-	-	-	18									
69	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	0,5	2	-	-	-	-									
70	1. Überzug auftragen	O	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Überzug auftragen	siehe Tab. 2-14	-	1,5	1	-	-	-									
71	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	12									
72	Außenhaut anschleifen	O	Druckluftschleifer, Handschleifer	Schleifpapier	5 Stk.	-	1,5	1	-	-	-									
73	2. Überzug auftragen	O	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Überzug auftragen	siehe Tab. 2-14	-	1,5	1	-	-	-									
74	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	12									
75	Transport auf Zwischenlagerplatz	⇧	Laufkran	-	-	-	0,25	2	-	-	-									
76	Lagerung	▽	-	-	-	30 m²	-	-	-	~20 m	-									
Summe Produktionszeit:											150,25 h	228 h								
Anzahl der Operationen:											51	3	7	14	1					
Davon entfallen auf											Operation		143 h							
											Verzögerung		228 h							
											Prüfung		6,25 h							
											Transport		1 h							
											Lagerung		0 h							

Produktionsbereich: Rumpf/-ausbau (Prototyp)										Datum: 24. Nov 09					
Prüfung Lagerung	Schritt	Fluss	Maschine/ Werkzeug	Material	Menge	Fläch- enbe- darf	Entfer- nung	Zeit [h]	MA	Zeit [h] ohne MA	Sinnbilder				
											○	⇨	◇	D	
	1 Lamellierung vorbereiten	○	-	-	-	-	-	1	2	-	○	⇨	◇	D	▽
	2 Furniere für 1. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	50 m <sup>2</sup>	-	~15 m	10	2	-	○				
	3 Furniere für 2. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	50 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	○				
	4 Kalibrieren/Vorschleifen der 1. + 2. Lage	○	Kalibrierra.	-	-	-	~15 m	0,5	1	-	○				
	5 Vorstreichen	○	Lamellierwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	6 m <sup>2</sup>	-	0,5	1	-	○				
	6 1. Lage in Form auslegen	○	-	-	-	-	-	0,75	2	-	○				
	7 1. + 2. Lage lamellieren	○	Lamellierwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	1,5	3	-	○				
	8 Vakuumhärtungen vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumhärtungen	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	○				
	9 Vakuumhärtungen	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	○				
	10 Vakuumhärtungen abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	0,5	2	-	○				
	11 Furniere für 3. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	50 m <sup>2</sup>	-	~15 m	1,5	2	-	○				
	12 3. Lage lamellieren	○	Lamellierwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	1,5	3	-	○				
	13 Vakuumhärtungen vorbereiten	○	Vakuumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumhärtungen	siehe Tab. 2-10	-	-	0,5	2	-	○				
	14 Vakuumhärtungen	D	Vakuumpumpe	-	-	-	-	-	-	18	○				

15	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
16	Furniere für 4. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	50 m <sup>2</sup>	-	~15 m	-	1,5	3	-	
17	4. Lage lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-7	-	-	-	0,5	2	-	
18	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-8	-	-	-	0,5	2	-	
19	Vakuumaushärten	D	Vakumpumpe	-	-	-	-	-	-	-	18	
20	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
21	Furniere für 5. Lage zuschneiden und einpassen	○	Furnierhobelma. Handhobel	Mahagoni-Furnier	50 m <sup>2</sup>	-	~15 m	-	1,5	3	-	
22	5. Lage lamellieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Lamellieren	siehe Tab. 2-9	-	-	-	0,5	2	-	
23	Vakuumaushärten vorbereiten	○	Vakumpumpe	Hilfsmaterial für Vakuumaushärten	siehe Tab. 2-10	-	-	-	0,5	2	-	
24	Vakuumaushärten	D	Vakumpumpe	-	-	-	-	-	-	-	18	
25	Vakuumaushärten abschließen (wegräumen & Qualitätskontrolle)	◇	-	-	-	-	-	-	0,5	2	-	
26	Balkenwegeranbindung vorbereiten	○	Hobelma., Säge	-	-	-	-	-	2,5	2	-	
27	Balkenweger ankleben und fixieren	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	-	1,25	2	-	
28	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
29	Stevanbindung vorbereiten	○	Hobelma., Säge	-	-	-	-	-	2,5	1	-	
30	Innen- & Außenstevan ankleben	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	-	1,75	1	-	
31	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
32	Spanten einbauen	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	-	4	2	-	



46	2. Überzug auftragen	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Überzug auftragen	siehe Tab. 2-14	-	-	3	1	-																							
47	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	12																							
48	in Montagewagen einsetzen	↑	Laufkran	-	-	-	-	0,5	2	-																							
49	Lagerung	▽	-	-	-	40 m²	~20 m	-	-	-																							
Summe Produktionszeit:										156 h	99,5 h																						
Anzahl der Operationen:										28	2	6	11	1																			
Davon entfallen auf																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Operation</td> <td style="width: 33%; text-align: right;">93,75 h</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Verzögerung</td> <td style="text-align: right;">156 h</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Prüfung</td> <td style="text-align: right;">5 h</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Transport</td> <td style="text-align: right;">0,75 h</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Lagerung</td> <td style="text-align: right;">0 h</td> </tr> </table>																				Operation	93,75 h		Verzögerung	156 h		Prüfung	5 h		Transport	0,75 h		Lagerung	0 h
	Operation	93,75 h																															
	Verzögerung	156 h																															
	Prüfung	5 h																															
	Transport	0,75 h																															
	Lagerung	0 h																															

Produktionsbereich: Zusammenbau (Prototyp)										Datum: 22. Nov 09						
Prüfung Lagerung	Schritt	Fluss	Maschine/ Werkzeug	Material	Menge	Fläch- enbe- darf	Entfer- nung	Zeit [h]	MA	Zeit [h] ohne MA	Sinnbilder					
											○	◇	⇄	◇	D	▽
	1 Zusammenbau Vorbereiten	○	-	-	-	-	-	1	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	2 Klebekante Rumpf vorbereiten	○	Hobelma.	-	-	-	-	2	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	3 Deck anheben	○	Laufran	-	-	-	-	0,25	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	4 Klebekante Deck vorbereiten	○	Hobelma.	-	-	30 m <sup>2</sup>	10 m	1,5	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	5 Passgenauigkeit überprüfen	◇	Laufran	-	-	-	-	1	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	6 Rumpf und Deck verkleben	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	1,75	3	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	7 Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	⇄	◇	D	▽
	8 Qualitätskontrolle + ev. Nacharbeit	◇	-	-	-	-	-	4	1	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	9 Passgenauigkeit von Teak Deck überprüfen	◇	Maßband, Hilfsmittel	-	-	-	-	2	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	10 Tempern vorbereiten	○	Temperma. Temperhilfsmittel	Hilfsmaterial für Tempern	siehe Tab. 2-11	-	-	1	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	11 Tempern	D	Temperma.	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	⇄	◇	D	▽
	12 Tempern abschließen (wegräumen)	○	-	-	-	-	-	0,5	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	13 Teak Deck verkleben	○	Lamellenwerkzeug	Hilfsmaterial für Kleben	siehe Tab. 2-13	-	-	2	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	14 Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	12	○	◇	⇄	◇	D	▽
	15 Cockpit-Wanne einpassen	○	?	?	?	-	-	8	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	16 Cockpit-Wanne einbauen	○	?	?	?	-	-	4	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽
	17 Abschlusskontrolle + ev. Nacharbeit	◇	-	-	-	-	-	1	2	-	○	◇	⇄	◇	D	▽

Transport ⇄

Operation  
Verzögerung ○ D

18	Vorbereitung für Lackieren (abkleben)	○	Maßband, Hilfsmittel	Abdeckfolie	30 m <sup>2</sup>	-	-	-	2	2	-					
19	Transport in Lackiererei	↑	-	-	-	-	-	-	0,25	2	-					
Summe Produktionszeit:										62,25 h	36 h					
Anzahl der Operationen:										12	1	3	3	0		
Davon entfallen auf										Operation	53,75 h					
										Verzögerung	36 h					
										Prüfung	8 h					
										Transport	0,5 h					
										Lagerung	0 h					

Produktionsbereich: Lackiererei (Prototyp)											Datum: 22. Nov 09						
Prüfung Lagerung	◇ ▽	Operation Verzögerung		Maschine/ Werkzeug	Material	Menge	Fläch- enbe- darf	Entfer- nung	Zeit [h]	MA	Zeit [h]		Sinnbilder				
		○	D								ohne MA	MA	○	⇨	◇	D	▽
1	Lackieren vorbereiten	○	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
2	Deck und Rumpf anschleifen	○	-	Druckluftschleifer	Schleifpapier	10 Stk.	-	-	3	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
3	Entstauben und Säubern	○	-	-	Putzgeräte & -mittel	n. Bedarf	-	-	1	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
4	restliche Flächen abkleben	○	-	-	Abdeckfolie	50 m <sup>2</sup>	-	-	0,75	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
5	1. Schicht Lack auftragen	○	-	Lackieranlage	Hilfsmaterial für Lackieren	siehe Tab. 2-15	-	-	3	1	-	-	○	⇨	◇	D	▽
6	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	○	⇨	◇	D	▽
7	Anschleifen	○	-	Druckluftschleifer	Schleifpapier	10 Stk.	-	-	2	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
8	Entstauben und Säubern	○	-	-	Putzgeräte & -mittel	n. Bedarf	-	-	1	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
9	2. Schicht Lack auftragen	○	-	Lackieranlage	Hilfsmaterial für Lackieren	siehe Tab. 2-15	-	-	3	1	-	-	○	⇨	◇	D	▽
10	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	○	⇨	◇	D	▽
11	Anschleifen	○	-	Druckluftschleifer	Schleifpapier	10 Stk.	-	-	2	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
12	Entstauben und Säubern	○	-	Maßband, Hilfsmittel	Putzgeräte & -mittel	n. Bedarf	-	-	1	2	-	-	○	⇨	◇	D	▽
13	UV-Lack auftragen	○	-	Lackieranlage	Hilfsmaterial für Lackieren	siehe Tab. 2-15	-	-	3	1	-	-	○	⇨	◇	D	▽
14	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	○	⇨	◇	D	▽

Transport ⇨



15	Lackschutzfolien auftragen	○	-	Lackschutzspray	10 l	-	-	4	2	-			
16	Aushärten	D	-	-	-	-	-	-	-	2			
17	Abdeckfolien entfernen	○	-	-	-	-	-	1	1	-			
18	Transport in Endmontage	↑	-	-	-	-	-	0,25	2	-			

Summe Produktionszeit:	42 h	74 h
Anzahl der Operationen:	13	1 0 4 0

Davon entfallen auf	Operation	41,5 h
	Verzögerung	74 h
	Prüfung	0 h
	Transport	0,5 h
	Lagerung	0 h





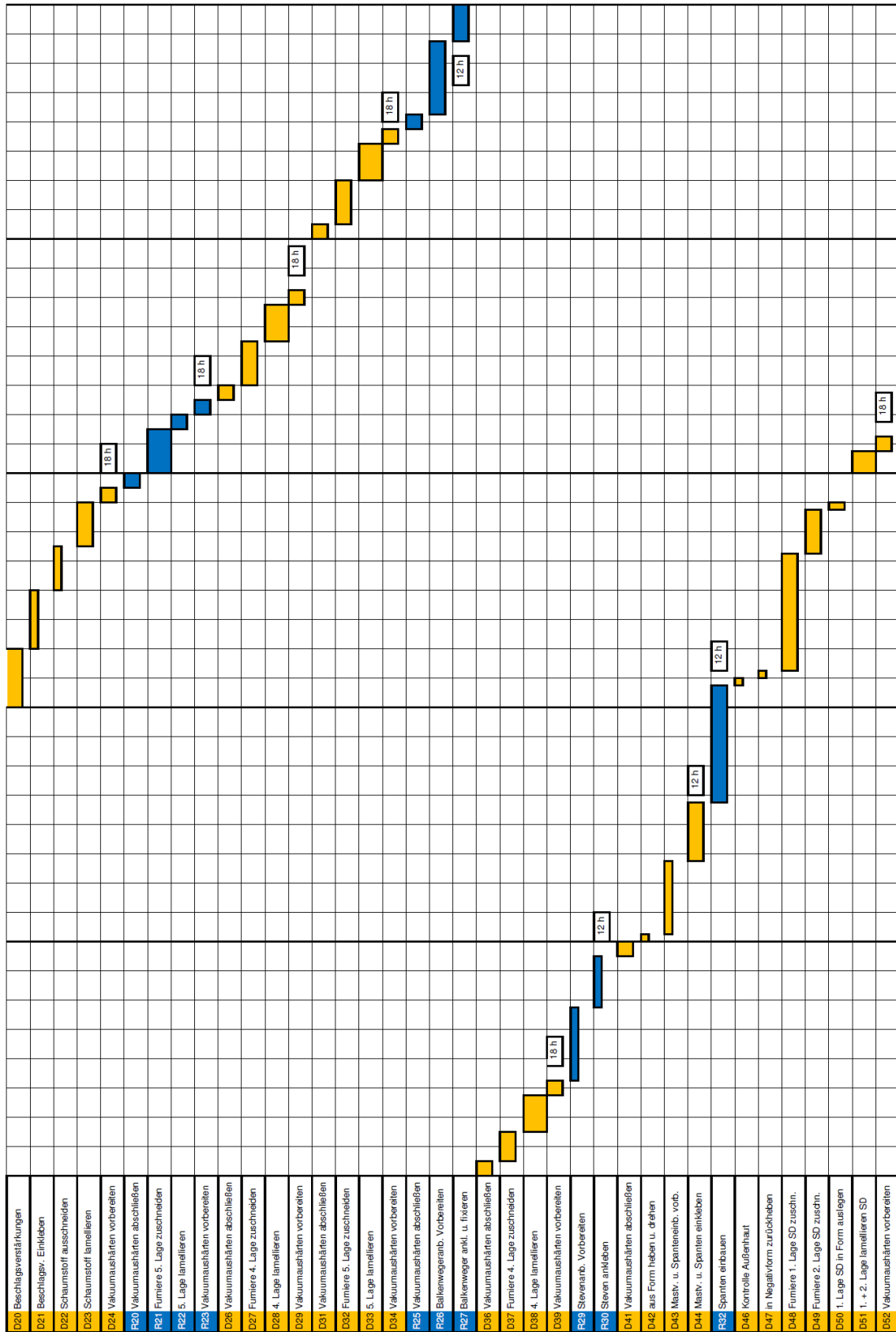
7.3	Polster und Auflagen montieren	○	Bohrmaschine, Schrauber, ...	?	?	-	-	10	2	-						
8	abschließende Qualitätskontrolle	◇	-	-	-	-	-	8	2	-						
9	Verladung auf Auslieferungswagen	↑	Laufran	-	-	40 m <sup>2</sup>	15 m	1	2	-						
Summe Produktionszeit:										259 h	0 h					
Anzahl der Operationen:										25	1	3	0	0		
Davon entfallen auf										Operation	228 h					
										Verzögerung	0 h					
										Prüfung	30 h					
										Transport	2 h					
										Lagerung	0 h					

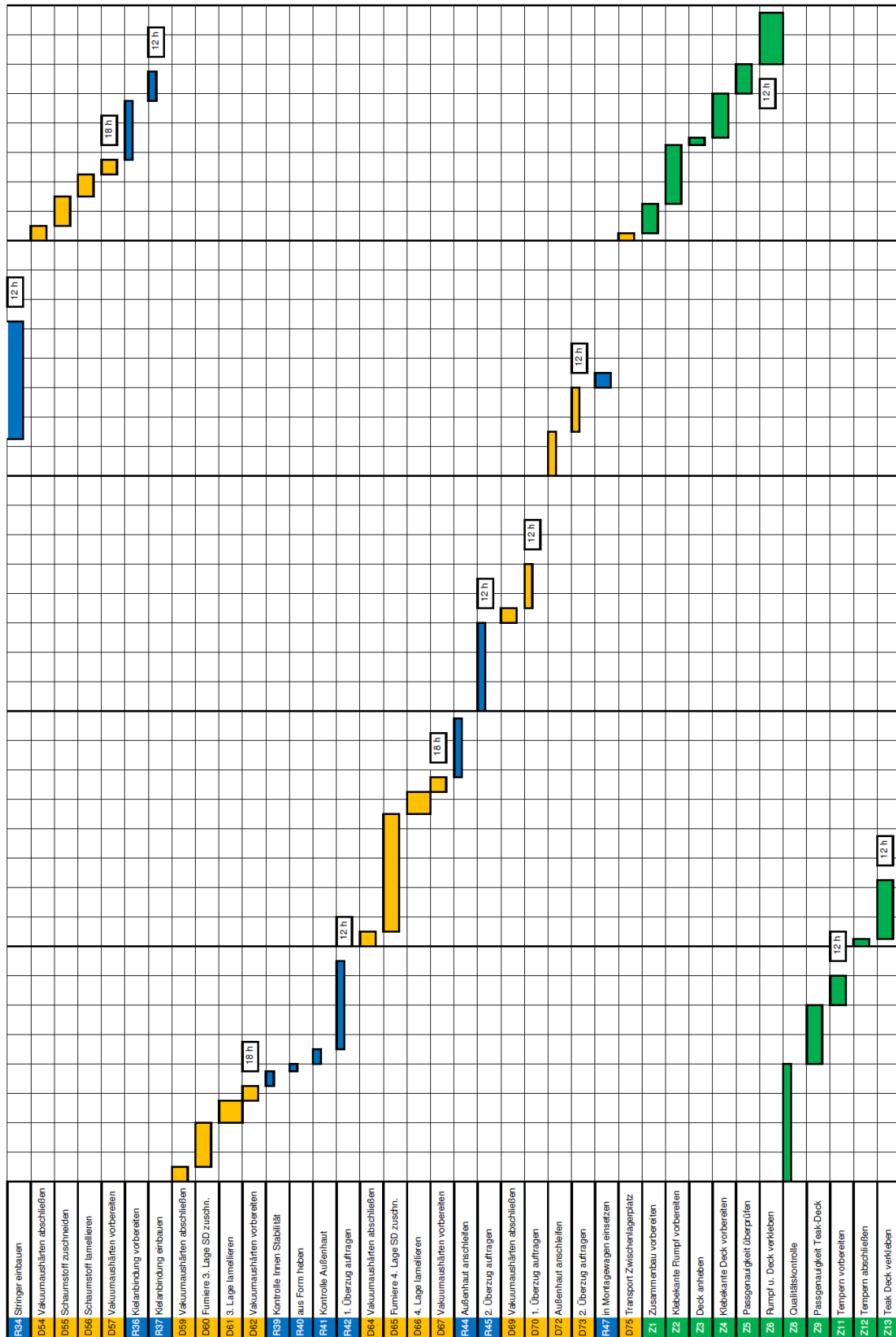
# **Anhang 2**

## Produktionsablaufplanung

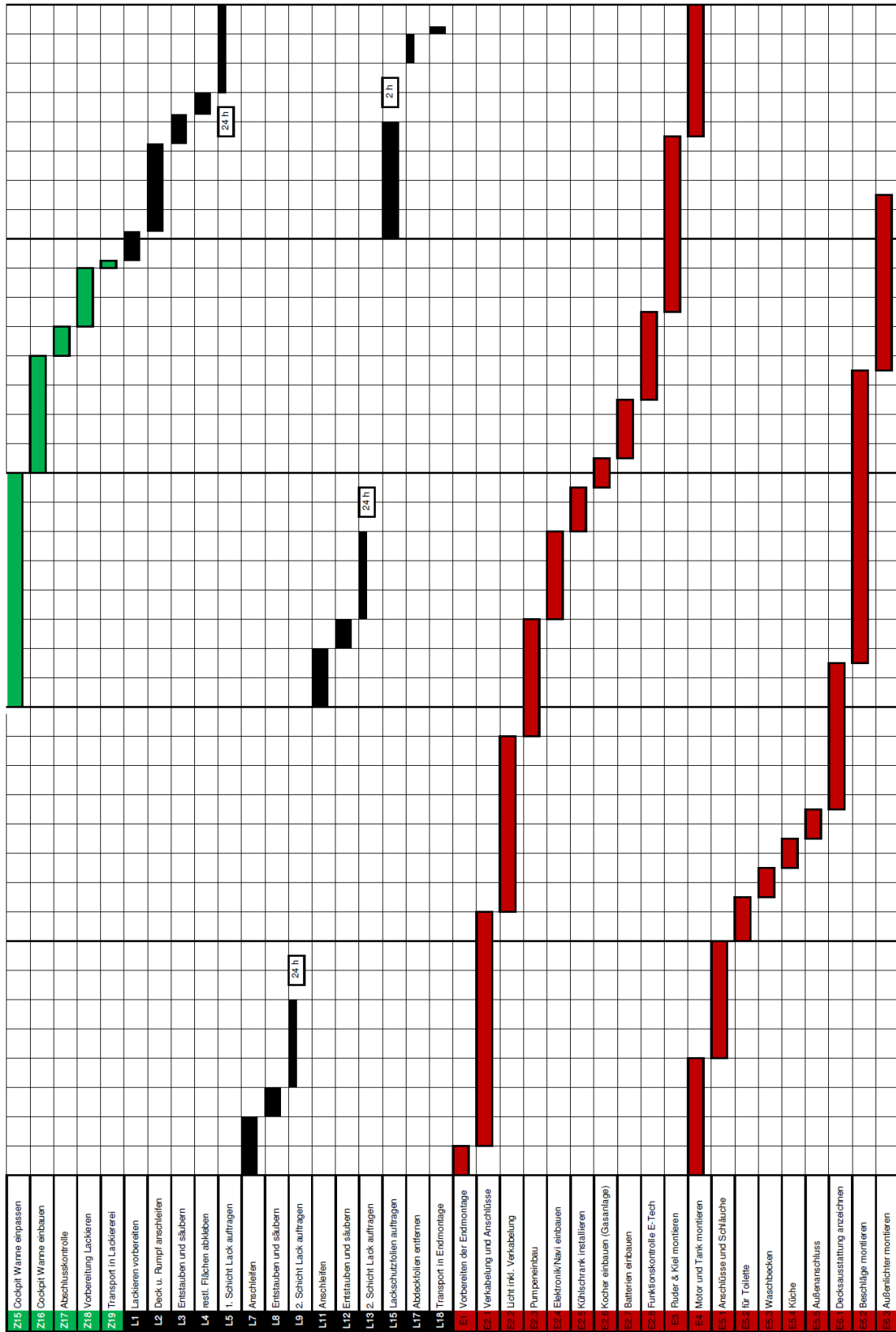
Mit minimalem und maximalem Personaleinsatz

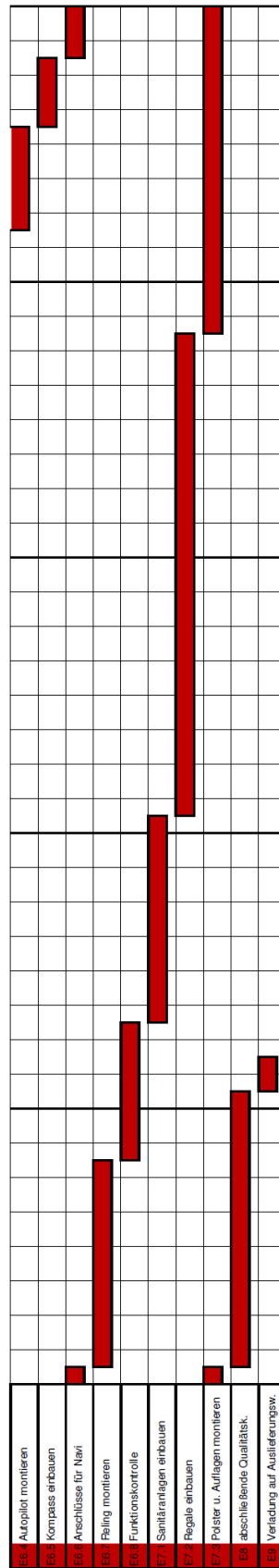


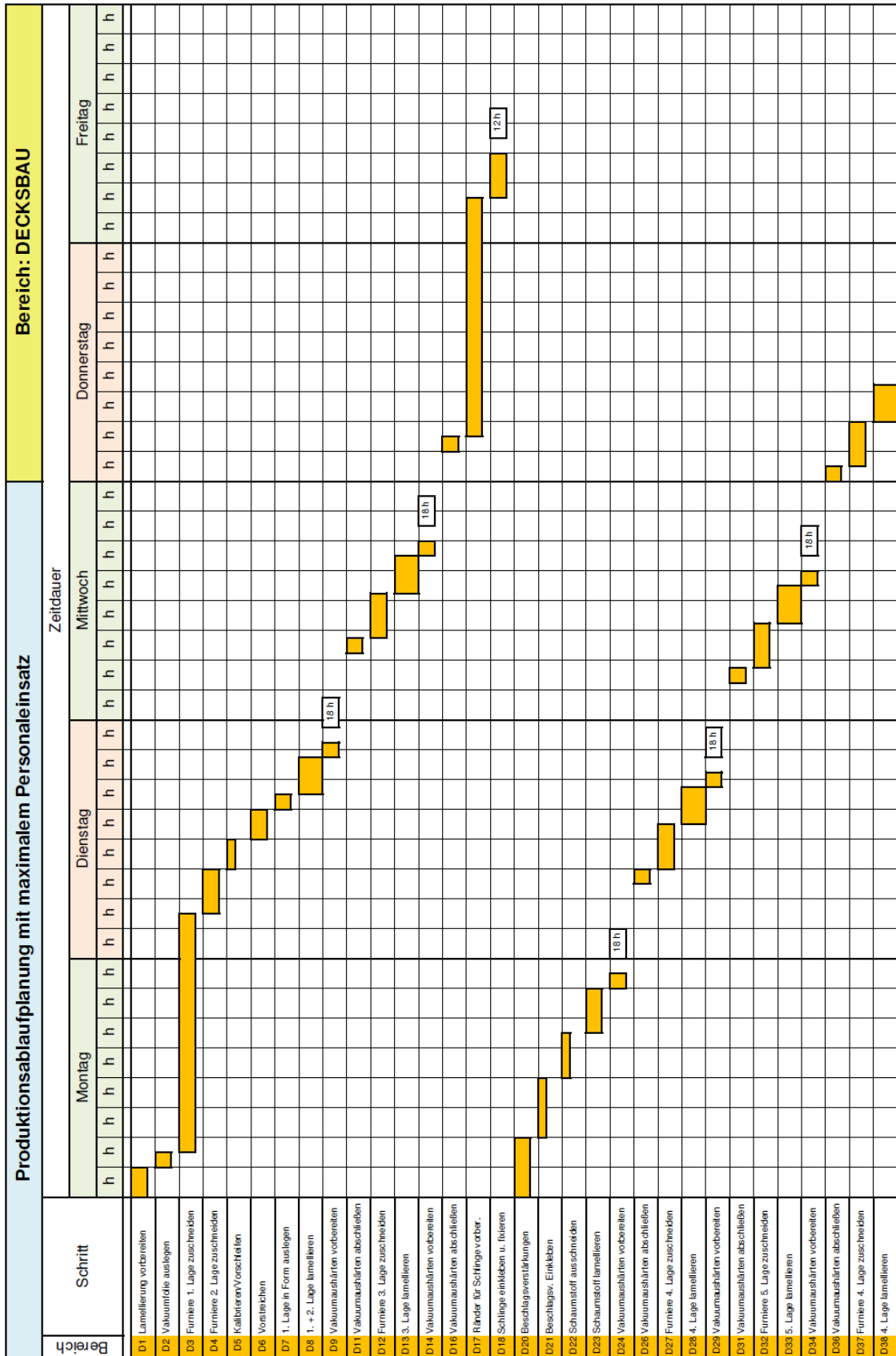


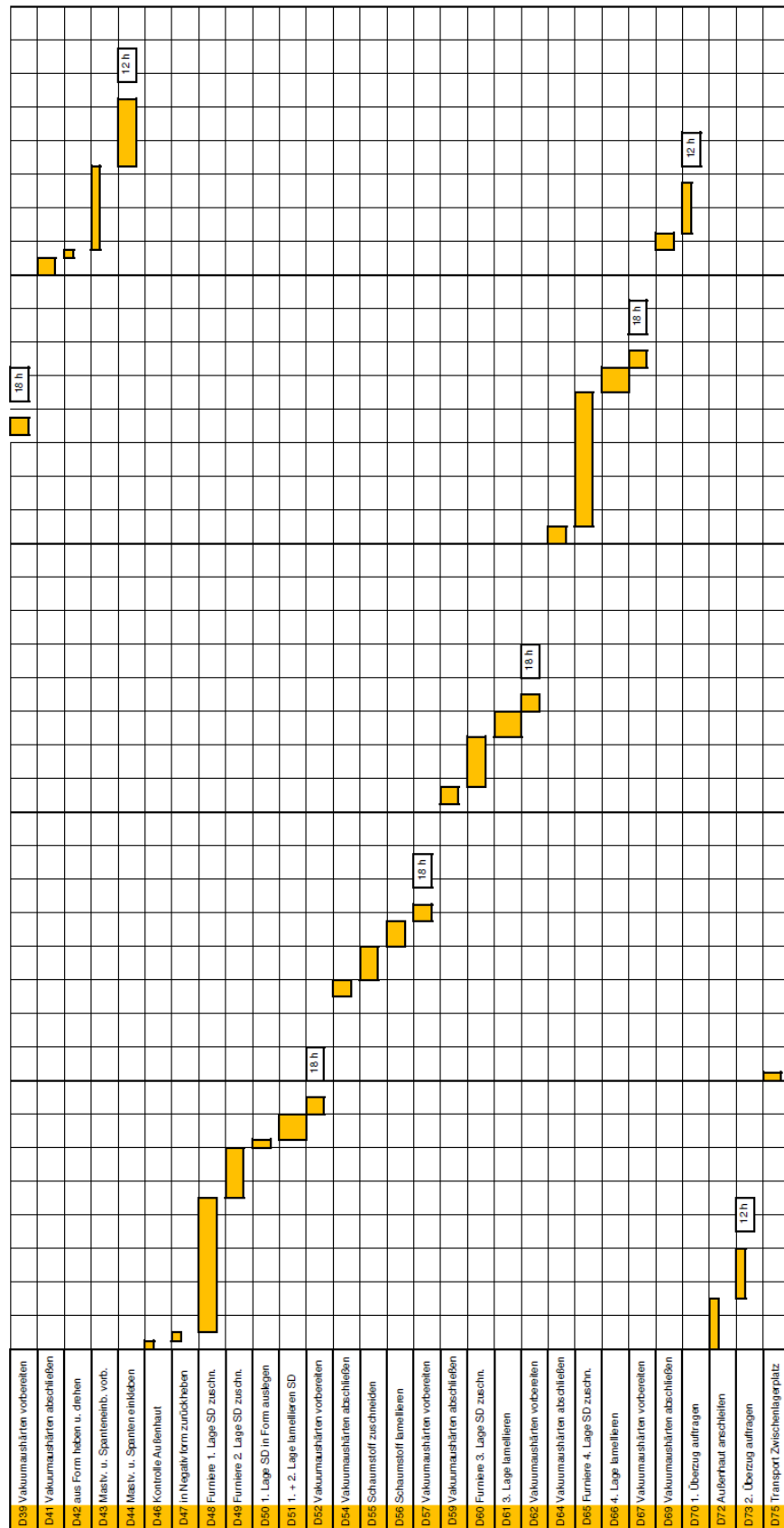




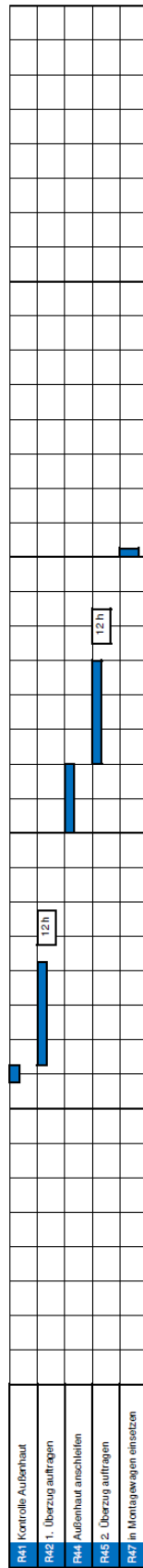










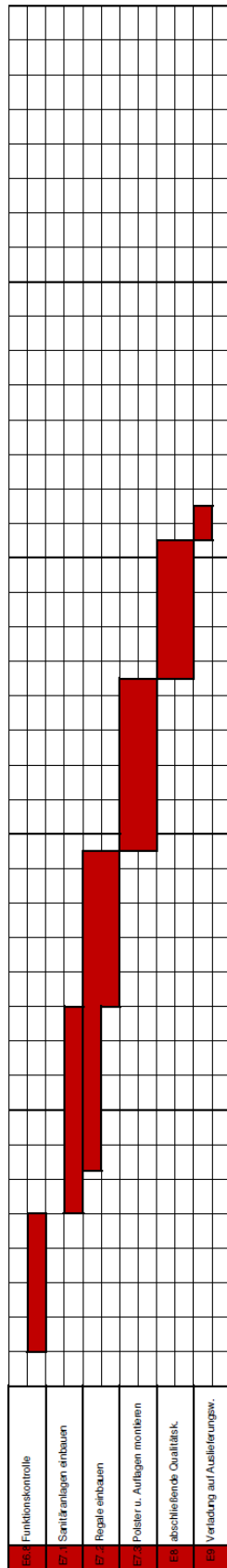












## **Anhang 3**

Investitionsrechnungen

für ein CNC-Bearbeitungszentrum

### Investitionsrechnung für CNC Bearbeitungszentrum (Periodenkosten)

#### **vorhandene Daten:**

Investitionssumme:	380.000 €
Nutzungsdauer:	15 Jahre
Versicherung (vom Neuwert pro Jahr):	1,5%
Instandhaltungskosten [€/h]:	1 €
Betriebsstoffkosten [€/h]:	2 €
Werkzeugkosten [€/Jahr]:	1.000 €
Personalkosten [€/h]:	30 €
max. Energieverbrauch:	40 kW
Kosten pro kWh:	0,10 €
kalkulatorischer Zinssatz:	8%
Betriebsstunden pro Yacht:	80 Stunden
produzierte Yachten pro Jahr:	10

#### **Berechnung:**

1. kalkulatorische Abschreibung:		
$a_{\text{kalk}} = \text{Investitionssumme} / \text{Nutzungsdauer}$		25.333 €
2. kalkulatorische Zinsen:		
$z_{\text{kalk}} = (\text{Investitionssumme} / 2) * i_{\text{kalk}}$		15.200 €
3. Versicherungen (vom Neuwert pro Jahr):		
		5.700 €
4. Betriebskosten		
Lohnkosten:		24.000 €
Betriebsstoffe:		1.600 €
Energiekosten:		3.200 €
Instandhaltungskosten:		800 €
Werkzeugkosten:		1.000 €

Summe der jährlichen Periodenkosten:	76.833 €
--------------------------------------	----------

Summe Betriebsstunden:	800
------------------------	-----

Kosten pro Betriebsstunde:	96,04 €
----------------------------	---------

### Investitionsrechnung für CNC Bearbeitungszentrum (Amortisationsrechnung)

#### vorhandene Daten:

Stundensatz bei Fremdbezug:	135 €
Betriebsstunden pro Yacht:	80
Summe Transportkosten (Fremdbezug):	3.000 €

Es wird davon ausgegangen, dass in den ersten Jahren eine jährliche Produktionssteigerung von 1 Yacht zusätzlich erreicht werden kann.

Jahr	Anzahl Yachten	Betriebsstunden	Kosten bei Fremdbezug	Kosten pro Betriebsstunde	Kosten Eigenfertigung
1	7	560	78.600 €	121,35 €	67.956 €
2	8	640	89.400 €	110,80 €	70.912 €
2	9	720	100.200 €	102,60 €	73.872 €
3	10	800	111.000 €	96,04 €	76.832 €
4	11	880	121.800 €	90,67 €	79.790 €
5	12	960	132.600 €	86,20 €	82.752 €
6	13	1040	143.400 €	82,42 €	85.717 €
7	14	1120	154.200 €	79,17 €	88.670 €
8	15	1200	165.000 €	76,36 €	91.632 €
9	15	1200	165.000 €	76,36 €	91.632 €
10	15	1200	165.000 €	76,36 €	91.632 €
11	15	1200	165.000 €	76,36 €	91.632 €

Ab dem 8. Jahr bleibt die Produktion konstant.

Jahr	Mehrkosten	kumulierte Mehrkosten
1	10.644 €	10.644 €
2	18.488 €	29.132 €
3	26.328 €	55.460 €
4	34.168 €	89.628 €
5	42.010 €	131.638 €
6	49.848 €	181.486 €
7	57.683 €	239.170 €
8	65.530 €	304.699 €
9	73.368 €	378.067 €
10	73.368 €	451.435 €
11	73.368 €	524.803 €
12	73.368 €	598.171 €

Die Amortisationsdauer ist erreicht, wenn die kumulierten Mehrkosten die ursprüngliche Investitionssumme erreichen.

In diesem Fall ergibt sich eine Amortisationsdauer von:

9,03 Jahre

# **Anhang 4**

## Materialflussbewegungen

für die Teilbereiche der Produktion  
(aufbauend auf den vorhandenen Stücklisten)

Materialflussauflistung		Teil: Deck	
Nr.	Bezeichnung	Anzahl Transporte	Gewicht [kg]
1	Decksfläche (4 Lagen + Schaumstoff + Verstärkungen)	6	24,3
2	Teakdeck	1	19,2
3	Unterzug Vordeck	1	0,6
4	Schlinge	1	9,1
5	Rahmen Mast + Rahmen	1	2,3
6	Süll	1	9,4
7	Querwand	1	1,1
8	Verstärkungen	1	7
9	Mastfuß	1	0,8
<b>Σ Transporte:</b>		<b>14</b>	
		Σ Gewicht:	73,8
		+ 10 % Unsicherheit	7,4
		<b>Gesamtgewicht:</b>	<b>81,2</b>

Materialflussauflistung		Teil: Rumpf	
Nr.	Bezeichnung	Anzahl Transporte	Gewicht [kg]
1	Rumpfschale (5 Lagen lamellieren)	4	217
2	Stringer	1	45,4
3	Scheuerleiste	1	13,9
4	Balkenweger	1	42,7
5	Innenkiel	1	27
6	Steven	1	3,8
7	Schotte	1	34,9
8	Längsträger	1	4,4
9	Boden	1	7,8
10	Spanten	1	20,6
11	BW	1	10,6
12	Kielmittelträger	1	4,3
13	Längswand	1	16,5
14	Spiegel/Spiegelknie/Knie	1	11
+ Technik/Einrichtung			
15	Motor	2	151,2
16	Sanitär	1	12
17	Elektrik	1	12,8
18	Tanks	2	11,5
19	Fußboden	1	11,5
20	Kojenauflage	1	14,3
21	Querwand	1	1,2
22	Motorverkleidung	1	5,8
23	WC-Podest	1	1,6
24	Boden Backskiste	1	5,7
<b>Σ Transporte:</b>		<b>29</b>	
		Σ Gewicht:	687,5
		+ 10 % Unsicherheit	68,8
		<b>Gesamtgewicht:</b>	<b>756,3</b>



Materialflussauflistung		Teil: Zusammenbau	
Nr.	Bezeichnung	Anzahl Transporte	Gewicht [kg]
1	Treppe	1	4,8
2	Inneneinrichtung Pantry	1	1,8
3	Navitisch	1	1,8
4	Oberschrank Navi	1	3,6
5	Boden Backskiste	1	5,7
6	Aufbauseite/Aufbaudach	1	37,5
7	Dachholme 3D	1	21
8	Cockpit	1	18,5
9	Rückenlehne	1	10,9
10	Backskisten	1	6,3
11	Cockpitboden	1	15,4
12	Schiedelucke	1	5
<b>Σ Transporte:</b>		<b>12</b>	
		Σ Gewicht:	132,3
		+ 10 % Unsicherheit	13,2
		<b>Gesamtgewicht:</b>	<b>145,5</b>

Materialflussauflistung		Teil: Endmontage	
Nr.	Bezeichnung	Anzahl Transporte	Gewicht [kg]
1	Kocher	1	6
2	Sanitär	1	6
3	Elektrik	2	67,3
4	Fronten/Klappe	1	18,5
5	Eisbox	1	2,8
6	Ablage	1	1,8
7	Salontisch	1	6
8	Waschtisch	1	7,5
9	Ablage WC	1	1,8
10	Polster	2	28,2
+ Rigg, Segel			
11	stehendes Gut	2	30
12	laufendes Gut	2	26
+ Ausrüstung			
13	Sicherheit	1	8
14	Ankern und Festmachen	2	60,8
<b>Σ Transporte:</b>		<b>19</b>	
		Σ Gewicht:	270,7
		+ 10 % Unsicherheit	27,1
		<b>Gesamtgewicht:</b>	<b>297,8</b>

Materialflussauflistung		Teil: Kommissionierung	
Nr.	Bezeichnung	Anzahl Transporte	Gewicht [kg]
1	Mast und Baum	1	42,5
2	Beschläge, Salinge, Kabel	1	23,3
3	Rest Beschläge	1	16,5
4	Segel	1	10
5	Latten	1	3,2
6	Rest Segel	1	7,2
7	Kiel und Bolzen	1	853
8	Ruderblatt	1	20
9	Zubehör	1	43,2
<b>Σ Transporte:</b>		<b>9</b>	
		Σ Gewicht:	1018,9
		+ 10 % Unsicherheit	101,9
		<b>Gesamtgewicht:</b>	<b>1120,8</b>

# **Anhang 5**

## Flächenbedarfsermittlung

für die Teilbereiche der Produktion

Flächenbedarfsermittlung			
Bereich: <b>Vorarbeitsbereich</b>			erstellt am: 18. Okt. 2009
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen	Fläche
1.1	Arbeitstisch	3,0 m * 1,5 m =	4,5 m <sup>2</sup>
1.2	Arbeitstisch mit Stempelpresse	3,0 m * 1,5 m =	4,5 m <sup>2</sup>
1.3	Lagerfläche für Lamellierschablonen	5,0 m * 1,5 m =	7,5 m <sup>2</sup>
1.4	Fläche zum Aus- und Durchhärten	5,0 m * 2,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
1.5	Fläche für Folienzuschnitt, Schäften, usw.	10,0 m * 3,0 m =	30,0 m <sup>2</sup>
1.6	Weganteil	10,0 m * 1,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
1.7	Abfallbehälter Holz	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
1.8	Abfallbehälter Restmüll	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
1.9	Regal für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
			Gesamtfläche = 69,5 m <sup>2</sup>
			+ 5 % Zuschlag 3,5 m <sup>2</sup>
			Endfläche = 73,0 m <sup>2</sup>

Flächenbedarfsermittlung			
Bereich: <b>Decksbau</b>			erstellt am: 19. Okt. 2009
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen	Fläche
2.1	Hauptarbeitsfläche (Negativform Deck)	10,0 m * 3,0 m =	30,0 m <sup>2</sup>
2.2	Arbeitstisch groß	5,0 m * 1,0 m =	5,0 m <sup>2</sup>
2.3	Vakuumpumpe	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
2.4	Regal für Vakuumpumpenzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
2.5	Regalablage für Furniere	4,0 m * 0,4 m =	1,6 m <sup>2</sup>
2.6	Regale für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
2.7	Nebenweganteil	10,0 m * 1,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
2.8	Hauptweganteil	10,0 m * 2,0 m =	20,0 m <sup>2</sup>
2.9	Arbeitsfläche für Decksinnenseite (umdrehen)	9,0 m * 2,0 m =	18,0 m <sup>2</sup>
2.10	Arbeitstisch klein	2,0 m * 1,0 m =	2,0 m <sup>2</sup>
2.11	Regal für Kleinwerkzeug 1	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
2.12	Regal für Kleinwerkzeug 2	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
			Gesamtfläche = 90,6 m <sup>2</sup>
			+ 5 % Zuschlag 4,5 m <sup>2</sup>
			Endfläche = 95,1 m <sup>2</sup>

Flächenbedarfsermittlung			
Bereich: Rumpf/ -ausbau			erstellt am: 20. Okt. 2009
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen	Fläche
3.1	Hauptarbeitsfläche (Negativform Rumpf)	10,0 m * 3,0 m =	30,0 m <sup>2</sup>
3.2	Arbeitstisch groß	5,0 m * 1,0 m =	5,0 m <sup>2</sup>
3.3	Arbeitstisch klein	2,5 m * 1,0 m =	2,5 m <sup>2</sup>
3.4	Vakuumpumpe	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
3.5	Regal für Vakuumpumpenzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
3.6	Harzmischanlage (auch für Decksbau + Zusammenbau)	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
3.7	Regalablage für Furniere	4,0 m * 0,4 m =	1,6 m <sup>2</sup>
3.8	Regal für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
3.9	Materialablagefläche	3,0 m * 1,0 m =	3,0 m <sup>2</sup>
3.10	Nebenweganteil	10,0 m * 1,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
3.11	Hauptweganteil	10,0 m * 2,0 m =	20,0 m <sup>2</sup>
3.12	Abfallbehälter Holz	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
3.13	Abfallbehälter Restmüll	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
			Gesamtfläche = 78,1 m <sup>2</sup>
			+ 5 % Zuschlag 3,9 m <sup>2</sup>
			Endfläche = 82,0 m <sup>2</sup>

Flächenbedarfsermittlung			
Bereich: <b>Zusammenbau Rumpf/Deck</b>			erstellt am: 20. Okt. 2009
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen	Fläche
4.1	Arbeitsfläche (Rumpfgröße)	9,0 m * 2,5 m =	22,5 m <sup>2</sup>
4.2	Arbeitstisch groß	5,0 m * 1,0 m =	5,0 m <sup>2</sup>
4.3	Nebenweganteil	10,0 m * 1,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
4.4	Hauptweganteil	10,0 m * 2,0 m =	20,0 m <sup>2</sup>
4.5	Materialablagefläche	3,0 m * 1,0 m =	3,0 m <sup>2</sup>
4.6	Tempermaschine	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
4.7	Regal für Temperzubehör	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
4.8	Regal für Werkzeug 1	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
4.9	Regal für Werkzeug 2	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
4.10	Arbeitstisch klein	3,0 m * 1,0 m =	3,0 m <sup>2</sup>
Gesamtfläche =			67,5 m <sup>2</sup>
+ 5 % Zuschlag			3,4 m <sup>2</sup>
Endfläche =			70,9 m <sup>2</sup>

Flächenbedarfsermittlung			
Bereich: <b>Lackiererei</b>			erstellt am: 03. Nov. 2009
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen	Fläche
5.1	Lackierfläche	9,0 m * 2,5 m =	22,5 m <sup>2</sup>
5.2	Weganteil (Rund um Lackierfläche, 1m breit)	24,0 m * 1,0 m =	24,0 m <sup>2</sup>
5.3	Kompressorraum	5,0 m * 2,0 m =	10,0 m <sup>2</sup>
5.4	Spritzanlage	1,0 m * 1,0 m =	1,0 m <sup>2</sup>
5.5	Arbeitstisch	2,0 m * 1,0 m =	2,0 m <sup>2</sup>
Gesamtfläche =			59,5 m <sup>2</sup>
+ 5 % Zuschlag			3,0 m <sup>2</sup>
Endfläche =			62,5 m <sup>2</sup>

Flächenbedarfsermittlung						
Bereich: <b>Endmontage</b>					erstellt am: 03. Nov. 2009	
lfd. Nr.	Bezeichnung	Abmessungen			Fläche	
6.1	Arbeitsfläche (Rumpfgröße)	9,0	m *	2,5	m =	22,5 m <sup>2</sup>
6.2	Arbeitstisch 1	3,0	m *	1,0	m =	3,0 m <sup>2</sup>
6.3	Nebenweganteil	10,0	m *	1,0	m =	10,0 m <sup>2</sup>
6.4	Hauptweganteil	10,0	m *	2,0	m =	20,0 m <sup>2</sup>
6.5	Materialablagefläche	5,0	m *	2,0	m =	10,0 m <sup>2</sup>
6.6	Regal für Werkzeug 1	1,0	m *	1,0	m =	1,0 m <sup>2</sup>
6.7	Regal für Werkzeug 2	1,0	m *	1,0	m =	1,0 m <sup>2</sup>
6.8	Arbeitstisch 2	3,0	m *	1,0	m =	3,0 m <sup>2</sup>
					Gesamtfläche =	67,5 m <sup>2</sup>
					+ 5 % Zuschlag	3,4 m <sup>2</sup>
					Endfläche =	70,9 m <sup>2</sup>



# **Anhang 6**

## Nutzwertanalyse

zur Auswahl des geeigneten Standortes

Kriterium	Stufen- gewicht	Knoten- gewicht	Absolut- gewicht	Halle 1		Halle 2		Halle 3		Halle 4	
				Bewer- tung	Nutz- wert	Bewer- tung	Nutz- wert	Bewer- tung	Nutz- wert	Bewer- tung	Nutz- wert
1. Realisierbarkeit	65%										
1.a Produktionsfläche		30%	19,5%	1	19,5	4	78	3	58,5	3	58,5
1.b Erweiterbarkeit		20%	13%	1	13	5	65	5	65	3	39
1.c Bürofläche		10%	6,5%	3	19,5	4	26	2	13	3	19,5
1.d Sozialfläche		10%	6,5%	3	19,5	4	26	2	13	1	6,5
1.e vorhandene Produktionsmittel		10%	6,5%	1	6,5	5	32,5	1	6,5	1	6,5
1.f betriebliche Gegebenheiten		10%	6,5%	4	26	3	19,5	4	26	4	26
1.g Hallenhöhe		5%	3,25%	2	6,5	3	9,75	3	9,75	3	9,75
1.h Hallenein- und ausfahrt		5%	3,25%	3	9,75	3	9,75	3	9,75	4	13
					120,25		266,5		201,5		178,75
2. Materialfluss	30%										
2.a zwischen Anlieferung/Lager		20%	6%	4	24	2	12	4	24	4	24
2.b zwischen Lager/Produktion		40%	12%	2	24	4	48	4	48	4	48
2.c zwischen Produktion/Ausgangslager		25%	7,5%	3	22,5	4	30	2	15	5	37,5
2.d Lagerwirtschaft		15%	4,5%	2	9	2	9	2	9	2	9
					79,5		99		96		118,5
3. Geografische Lage	5%										
3.a Verkehrsanbindung		60%	3%	2	6	4	12	5	15	5	15
3.b Zufahrtmöglichkeiten		40%	2%	4	8	2	4	4	8	4	8
					14		16		23		23
			Σ Nutzwert		213,75		381,5		320,5		320,25

Halle 1 ... ehem. Wintergarten Halle  
Halle 2 ... Wiener - Straße  
Halle 3 ... Gradnerstraße 120 - 124  
Halle 4 ... Ecke Gradnerstraße/Spitzäckerweg

# **Anhang 7**

## Feinlayoutplanung

der geplanten Betriebsstätte in Teilsysteme und Aspekte gegliedert

## Legende zum Feinlayout [Teilsysteme]:

### Bereich Zuschnitt:

- |    |                          |
|----|--------------------------|
| 1. | CNC-Bearbeitungszentrum  |
| 2. | Furniersäge              |
| 3. | Breitbandschleifmaschine |

### Bereich Vorarbeit:

- |     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Arbeitstisch                                 |
| 1.2 | Arbeitstisch mit Stempelpresse               |
| 1.3 | Lagerfläche für Lamellierschablonen          |
| 1.4 | Fläche zum Aus- und Durchhärten              |
| 1.5 | Fläche für Folienzuschnitt, Schäften, usw.   |
| 1.6 | Weganteil                                    |
| 1.7 | Abfallbehälter Holz                          |
| 1.8 | Abfallbehälter Restmüll                      |
| 1.9 | Regal für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör |

### Bereich Decksbau:

- |      |   |
|------|---|
| 2.1  | Hauptarbeitsfläche (Negativform Deck)         |
| 2.2  | Arbeitstisch groß                             |
| 2.3  | Vakuumpumpe                                   |
| 2.4  | Regal für Vakuumpumpenzubehör                 |
| 2.5  | Regalablage für Furniere                      |
| 2.6  | Regale für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör |
| 2.7  | Nebenweganteil                                |
| 2.8  | Hauptweganteil                                |
| 2.9  | Arbeitsfläche für Decksinnenseite (umgedreht) |
| 2.10 | Arbeitstisch klein                            |
| 2.11 | Regal für Kleinwerkzeug 1                     |
| 2.12 | Regal für Kleinwerkzeug 2                     |

### Bereich Rumpfbau:

- |     |  |
|-----|--|
| 3.1 | Hauptarbeitsfläche (Negativform Rumpf)       |
| 3.2 | Arbeitstisch groß                            |
| 3.3 | Arbeitstisch klein                           |
| 3.4 | Vakuumpumpe                                  |
| 3.5 | Regal für Vakuumpumpenzubehör                |
| 3.6 | Harzmischanlage                              |
| 3.7 | Regalablage für Furniere                     |
| 3.8 | Regal für Kleinwerkzeug und Lamellierzubehör |

---

3.9	Materialablagefläche
3.10	Nebenweganteil
3.11	Hauptweganteil
3.12	Abfallbehälter Holz
3.13	Abfallbehälter Restmüll

**Bereich Zusammenbau:**

4.1	Arbeitsfläche (Rumpfgroße)
4.2	Arbeitstisch groß
4.3	Nebenweganteil
4.4	Hauptweganteil
4.5	Materialablagefläche
4.6	Tempermaschine
4.7	Regal für Temperzubehör
4.8	Regal für Werkzeug 1
4.9	Regal für Werkzeug 2
4.10	Arbeitstisch klein

**Bereich Lackiererei:**

5.1	Lackierfläche
5.2	Weganteil
5.3	Kompressorraum
5.4	Spritzanlage
5.5	Arbeitstisch

**Bereich Endmontage**

6.1	Arbeitsfläche (Rumpfgroße)
6.2	Arbeitstisch 1
6.3	Nebenweganteil
6.4	Hauptweganteil
6.5	Materialablagefläche
6.6	Regal für Werkzeug 1
6.7	Regal für Werkzeug 2
6.8	Arbeitstisch 2



## Legende zum Feinlayout [Aspekte]:

### Aspekt Förder- und Lagermittel:

- |     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Regal für Furnierlagerung (Lamellierung Außenhaut) |
| 1.2 | Regale für Europaletten (3 Ebenen)                 |
| 1.3 | Führungsbahnen für Laufkräne (bereits vorhanden)   |
| 1.4 | Laufkräne (bereits vorhanden)                      |
| 1.5 | Vakuum-Wendelifter                                 |
| 1.6 | Stempelpresse                                      |
| 1.7 | Hubwagen   |

### Aspekt Druckluftversorgung:

- |     |  |
|-----|--|
| 2.1 | Kompressoranlage                                 |
| 2.2 | Druckluftleitungen (teilweise bereits vorhanden) |
| 2.3 | Lackieranlage                                    |
| 2.4 | Druckluftanschlüsse                              |

### Aspekt bauliche Maßnahmen:

- |     |   |
|-----|---|
| 3.1 | Trennwand                                     |
| 3.2 | Tür   |
| 3.3 | Lackiervorhang                                |
| 3.4 | Bodenversiegelung (Auslaufschutz)             |
| 3.5 | Brandschutzwände                              |
| 3.6 | Brandschutztür                                |
| 3.7 | Trennwand (Schutz des Holzlagers vor Zugluft) |

### Aspekt Absauganlagen:

- |     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| 4.1 | Absauganlage CNC-Bearbeitungszentrum |
|-----|--------------------------------------|

